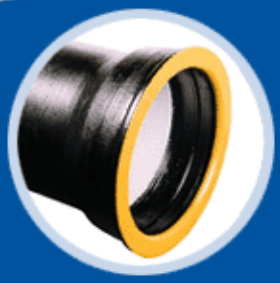
SAINT-GOBAIN
CANALIZAÇÃO

PAM

Linha Adução Água

(Versão 2006)



SUMÁRIO - Linha Adução Água

CAPÍTULO 1 - FABRICAÇÃO:

O Ferro Dúctil	Pág. 09
Fabricação dos Produtos	Pág. 12
Testes na Usina	Pág. 14
Qualidade & Certificação	Pág. 15

CAPÍTULO 2 - MANUAL TÉCNICO PROJETO:

Necessidades / Recursos de Água	Pág. 18
Escolha do Diâmetro	Pág. 21
Pressão (Terminologia)	Pág. 26
Pressões de Serviço Admissíveis	Pág. 28
Pressões de Serviço Admissíveis - Tubo Classe K7	Pág. 30
Pressões de Serviço Admissíveis - Tubo Classe K9	Pág. 31
Pressões de Serviço Admissíveis - Conexões com Bolsas	Pág. 32
Pressões de Serviço Admissíveis - Peças com Flanges	Pág. 33
Dimensões	Pág. 34
Coeficientes de Segurança	Pág. 37
Perfil da Canalização	Pág. 39
Golpe de Ariete	Pág. 42
Perdas de Carga	Pág. 45
DN 80 a 150 Perdas de Carga	Pág. 49
DN 200 a 300 Perdas de Carga	Pág. 51
DN 350 a 450 Perdas de Carga	Pág. 53
DN 500 a 700 Perdas de Carga	Pág. 55
DN 800 a 900 Perdas de Carga	Pág. 57
DN 1000 a 1200 Perdas de Carga	Pág. 59
DN 1400 a 1600 Perdas de Carga	Pág. 61
DN 1800 a 2000 Perdas de Carga	Pág. 63

Comportamento às Cargas Externas Pág. 65
Características Mecânicas dos Solos Pág. 67
Escavação e Reaterro Pág. 69
Alturas de Recobrimento Pág. 74
Terrenos Instáveis Pág. 87
Travessia de Ponte Pág. 89
Assentamento Aéreo Pág. 92
Assentamento em Tubo Camisa Pág. 94
Assentamento em Declive Pág. 97

Elastômeros Pág. 100
Junta Elástica - JGS Pág. 102
Junta Mecânica - JM Pág. 105
Junta Travada Interna - JTI Pág. 106
Junta Travada Externa - JTE Pág. 108
Junta Pamlock - JPK Pág. 110
Junta com Flanges Pág. 112

Empuxos Hidráulicos Pág. 114
Blocos de Ancoragem Pág. 116
Travamento Pág. 120

Águas Agressivas ou Corrosivas Pág. 123
Revestimentos Internos Pág. 125
Argamassa de Cimento Pág. 126
Corrosividade dos solos Pág. 128
Revestimentos Externos Pág. 131
Zinco Pág. 132
Manta / Manga de Polietileno Pág. 134

CAPÍTULO 3 - MANUAL TÉCNICO ASSENTAMENTO:

Acondicionamento Pág. 137
Transporte Pág. 139
Movimentação Pág. 140
Estocagem dos tubos Pág. 142
Estocagem dos Anéis de Junta Pág. 145

Reparo do Revestimento Externo Pág. 146
Reparo do Revestimento Interno Pág. 147
Corte dos tubos Pág. 149
Desovalização Pág. 152

Montagem (Aparelhos) Pág. 154
Manta / Manga de Polietileno (Colocação) Pág. 156
Deflexão Angular Pág. 160
Pasta Lubrificante Pág. 162
Montagem da Junta JGS Pág. 164
Montagem da Junta JTI Pág. 167
Montagem da Junta JTE Pág. 170
Cordão de Solda para Travamento Pág. 174
Montagem da Junta Mecânica Pág. 177
Montagem da Junta com Flanges Pág. 179
Teste na Obra Pág. 180
Reparo e Manutenção Pág. 183

CAPÍTULO 4 - NORMAS TÉCNICAS:

Normas Técnicas Brasileiras Pág. 186
Normas Técnicas Internacionais Pág. 187

CAPÍTULO 5 - CONVERSÃO DE UNIDADES:

Unidades Básicas / Unidades Suplementares Pág. 190
Área / Comprimento / Fluxo de massa Pág. 191
Força / Massa / Potência Pág. 192
Pressão / Vazão / Velocidade Pág. 193
Volume / Volume de Líquidos / Trabalho, Energia e Quantidade de Calor Pág. 194

CAPÍTULO 6 - DIMENSÕES DAS JUNTAS:

Dimensões Junta Elástica - JGS Pág. 196
Dimensões Junta Mecânica - JM Pág. 197
Dimensões Junta Travada Interna - JTI Pág. 198

Dimensões Junta Travada Externa - JTE Pág. 199
Dimensões Junta Pamlock - JPK Pág. 200
Dimensões Junta com Flange PN 10 Pág. 201
Dimensões Junta com Flange PN 16 Pág. 202
Dimensões Junta com Flange PN 25 Pág. 203

CAPÍTULO 7 - TUBOS PONTA E BOLSA:

Tubo Classe K7 - JGS Pág. 205
Tubo Classe K7 - JTI Pág. 206

Tubo Classe K9 - JGS Pág. 207
Tubo Classe K9 - JTI, JTE e JPK Pág. 208

CAPÍTULO 8 - CONEXÕES COM BOLSAS - JGS:

Curva 90º com bolsas - JGS Pág. 210
Curva 45º com bolsas - JGS Pág. 211
Curva 22º 30' com bolsas - JGS Pág. 212
Curva 11º 15' com bolsas - JGS Pág. 213

Tê com bolsas - JGS Pág. 214
Tê com bolsas JGS e Flange Pág. 215

Cruzeta com bolsas - JGS Pág. 217

Redução ponta e bolsa - JGS Pág. 218
Redução com bolsa - JGS Pág. 219

Luva com bolsas - JGS Pág. 220

Cap - JGS Pág. 221

CAPÍTULO 9 - CONEXÕES COM BOLSAS - JM:

Luva de correr - JM Pág. 223

CAPÍTULO 10 - CONEXÕES COM BOLSAS - JTI, JTE E JPK:

Curva 90º com bolsas - JTI JTE Pág. 225
Curva 45º com bolsas - JTI JTE JPK Pág. 226
Curva 22º 30' com bolsas - JTI JTE JPK Pág. 227
Curva 11º 15' com bolsas - JTI JTE JPK Pág. 228

Tê com bolsas - JTI JTE Pág. 229
Tê com bolsas - JTI JTE JPK e Flange Pág. 231

Cruzeta com bolsas - JTI JTE Pág. 233

Redução ponta e bolsa - JTI Pág. 235
Redução com bolsas - JTI JTE JPK Pág. 236

Luva com bolsas - JTI JTE Pág. 237

Cap - JTI JTE Pág. 238

CAPÍTULO 11 - TUBOS E CONEXÕES COM FLANGES:

Tubos com flanges Pág. 240

Toco com flanges Pág. 241
Carretel Pág. 243

Curva 90º com Flanges e Pé Pág. 244
Curva 90º com Flanges Pág. 245
Curva 45º com Flanges Pág. 246
Curva 22º 30' com Flanges Pág. 247
Curva 11º 15' com Flanges Pág. 248

Tê com Flanges Pág. 249

Junção 45º com Flanges Pág. 251

Redução com Flanges Pág. 252

Placa de Redução Pág. 253

Flange Cego Pág. 254

Extremidade Flange e Ponta com Aba de Vedação Pág. 255
Toco com Flanges e Aba de Vedação Pág. 256

Acessórios para Juntas com Flanges: Parafusos Pág. 257
Acessórios para Juntas com Flanges: Arruelas Pág. 258

CAPÍTULO 12 - PEÇAS DE TRANSIÇÃO (SISTEMAS FLANGEADOS PARA PONTA E BOLSA):

Extremidade Flange e Bolsa - JGS Pág. 260
Extremidade Flange e Bolsa - JTI JTE JPK Pág. 261
Extremidade Flange e Ponta Pág. 262

CAPÍTULO 13 - PEÇAS DE INTERVENÇÃO E MONTAGEM:

Junta Gibault Pág. 264
Coupling Pág. 265
ULTRAQUICK Pág. 266
ULTRALINK Pág. 266

SAINT-GOBAIN
CANALIZAÇÃO

PAM

CAPÍTULO 1 - FABRICAÇÃO:

O FERRO DÚCTIL

0 ferro dúctil se distingue dos ferros fundidos cinzentos tradicionais por suas notáveis características mecânicas (elasticidade, resistência aos impactos, alongamento...). Estas características são devidas a forma esferoidal da grafita.

Veja a seguir:

- Definição
- Diferentes tipos de ferro fundido
- Influência da forma da grafita
- Características do ferro fundido com a grafita esferoidal
- O ferro dúctil Saint-Gobain Canalização

DEFINIÇÃO

Uma classificação de produtos ferrosos pode ser estabelecida em função do teor de carbono no metal de base:

- ferro: 0 a 0,1% de C,
- aço: 0,1 a 1,7% de C,
- ferro fundido: 1,7 a 5% de C.

Abaixo de 1,7% de carbono, a solidificação passa por uma fase austenítica, dentro da qual todo o carbono está em solução sólida.
Acima de 1,7% de carbono, este não pode ser diluído em sua totalidade dentro da estrutura do ferro e desse modo se solidifica sob a forma de uma segunda fase, seja da grafita (C puro), seja de carboneto de ferro (Fe_3C). O ferro é um material polifásico de estrutura complexa: os constituintes principais são a ferrita ($Fe\alpha$) e a perlita ($Fe\alpha$ + Fe_3C).

Outros elementos, presentes no ferro em proporções muito baixas, têm uma influência sobre a estrutura e as propriedades mecânicas e de moldabilidade do metal. O silício (habitualmente em teores de 1 a 3%) desempenha um papel particular e, na realidade, transforma o ferro fundido em uma liga ternária: ferro, carbono e silício.

DIFERENTES TIPOS DE FERRO FUNDIDO

0 termo **ferro fundido** cobre uma larga variedade de ligas Fe-C-Si. Ele é classificado em famílias segundo a forma da grafita, com uma diferenciação suplementar devida a estrutura da matriz metálica (ferrita, perlita...).

INFLUÊNCIA DA FORMA DA GRAFITA

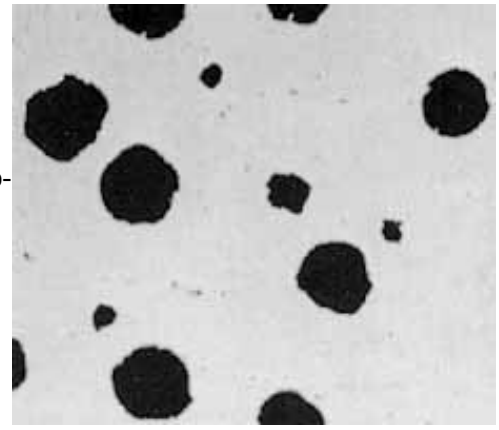
Nos ferros fundidos cinzentos, a grafita se apresenta sob a forma de lamelas, de onde se deriva o seu nome metalúrgico: ferro fundido com grafita lamelar. Cada uma dessas lamelas de grafita pode, sob uma concentração de esforços anormais em certos pontos, provocar o início de uma fissura.

Os metalurgistas procuraram uma forma de diminuir ou até eliminar estes efeitos, alterando o tamanho ou a forma dessas lamelas. A centrifugação permitiu obter lamelas muito finas que aumentaram sensivelmente as qualidades mecânicas do ferro. Um passo decisivo foi dado em 1948, quando as pesquisas feitas nos Estados Unidos e na Grã-Bretanha permitiram a obtenção de um ferro com grafita esferoidal, mais conhecido pelo nome de ferro dúctil.

A grafita deixa de ter a forma de lamelas, cristalizando-se sob a forma de esferas. As linhas de propagação das possíveis rupturas são assim eliminadas.

A cristalização da grafita sob a forma de esferas é obtida pela inoculação controlada de uma pequena quantidade de magnésio, em um ferro gusa previamente dessulfurado.

Ferro fundido cinzento



Ferro fundido dúctil

CARACTERÍSTICAS DO FERRO FUNDIDO COM GRAFITA ESFEROIDAL

A forma esferoidal da grafita acrescenta as já conhecidas vantagens do ferro fundido cinzento, notáveis características mecânicas:

- resistência à tração,
- resistência aos impactos,
- elevado limite elástico,
- alongamento elevado.

Estas características podem ser ainda melhoradas pelo controle da análise química e do tratamento térmico da matriz metálica. O ferro fundido dúctil conserva ainda as qualidades mecânicas tradicionais dos ferros fundidos, provenientes de seu alto teor de carbono:

- resistência à compressão,
- facilidade de moldagem,
- resistência à corrosão,
- usinabilidade,
- resistência à fadiga.

O FERRO DÚCTIL

Todos os tubos, conexões, válvulas e acessórios de canalização para adução de água fabricados pela **Saint-Gobain Canalização** são em ferro dúctil, conforme as normas NBR 6916, NBR 7675 e ISO 2531. Mediante acordo entre o fabricante e o cliente, o limite convencional de elasticidade a 0,2% ($R_{p\ 0,2}$) pode ser medido.

Ele não deve ser inferior a:

- 270 MPa quando A $\geq$ 12% para os DN 80 a 1000 ou $\geq$ 10% para o DN > 1000,
- 300 MPa nos outros casos.

A dureza Brinell não deve exceder a 230 HB para os tubos e 250 HB para as conexões, válvulas e acessórios. Para os componentes fabricados por soldagem, uma dureza Brinell mais elevada é admissível na zona afetada termicamente pela solda.

Tipos de Peças	Resistência à Tração Mínima Rm (MPa)	Alongamento Mínimo após Ruptura A (%)	
	DN 80 a 2000	DN 80 a 1000	DN 1100 a 2000
Tubos Centrifugados	420	10	7
Tubos Não Centrifugados Conexões e Acessórios	420	5	5

FABRICAÇÃO DOS PRODUTOS

O processo de fabricação dos tubos, conexões, válvulas e acessórios é dividido em três etapas:

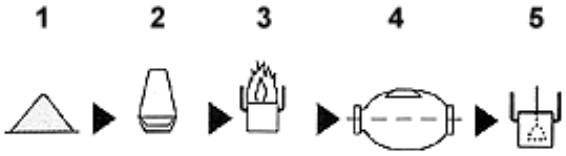
- elaboração e tratamento do metal,
- centrifugação/fundição,
- acabamento/revestimentos.

Veja a seguir:

- Elaboração e tratamento do metal
- Fabricação dos tubos
- Fabricação de conexões, válvulas e acessórios

ELABORAÇÃO E TRATAMENTO DO METAL

O metal líquido é obtido diretamente pela redução do minério de ferro dentro do alto-forno. As matérias-primas são selecionadas e controladas com cuidado, a fim de produzir um metal de base de grande pureza.



Elaboração do metal

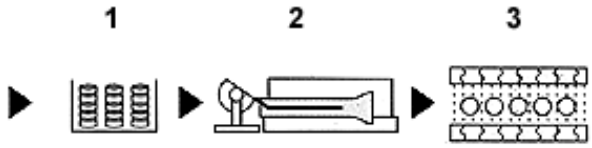
1. **Minério**
2. **Alto-forno**
3. **Dessulfuração**
4. **Ajustamento composição/temperatura**
5. **Tratamento com magnésio**

Após a dessulfuração, se necessária, a temperatura do ferro é ajustada em um forno elétrico, a fim de assegurar a temperatura ideal de vazamento. Nesta fase, se preciso, são feitas correções na composição química do metal, usando-se adição de ferro-liga. A seguir, o magnésio é introduzido no metal líquido a fim de transformar o ferro fundido cinzento em ferro dúctil.

FABRICAÇÃO DOS TUBOS

Centrifugação

O processo de centrifugação consiste em vazar o ferro líquido, através de um canal, em um molde metálico cilíndrico (coquilha) em alta rotação. A solidificação do metal é feita por resfriamento externo do molde metálico.



Centrifugação

1. **Preparação dos machos para moldagem das bolsas**
2. **Centrifugação**
3. **Tratamento térmico**

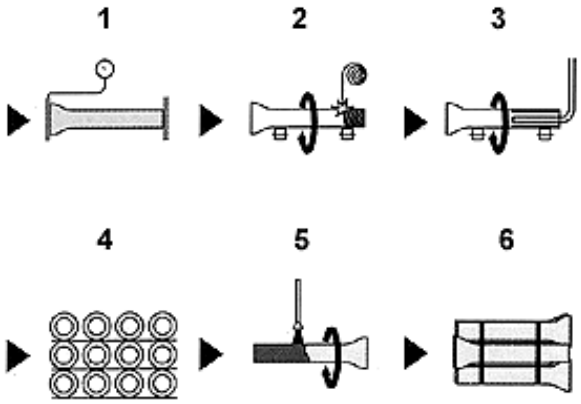
Os principais processos são o *de Lavaud* (nos DN 80 a 600) e o sistema *Wet Spray* (nos DN 700 a 1200).

No processo *de Lavaud*, o metal líquido é vazado em molde metálico de aço e sofre um resfriamento muito rápido. Um recozimento de grafitização e, após, de ferritização é necessário para obter tubos com a estrutura e as propriedades mecânicas desejadas.

No procedimento *Wet Spray*, a superfície interior do molde metálico é coberta (antes de vazar o ferro) com uma fina camada de pó de sílica refratária, o que diminui a condutibilidade térmica da interface metal líquido com o molde metálico. A velocidade de resfriamento da parede do tubo é inferior aquela do processo *de Lavaud*, e somente um recozimento de ferritização é necessário.

❑ Acabamento e revestimento

Na saída do forno de recozimento, os tubos recebem externamente uma camada de zinco metálico puro, obtida pela fusão de um fio de zinco por arco elétrico que é projetado por ar comprimido. Após a zincagem, vários tipos de inspeções e testes são realizados sistematicamente, a fim de garantir a qualidade: controle da estrutura metalográfica e das características mecânicas do metal, inspeção visual, controle dimensional e teste hidrostático em cada tubo. Especial atenção é dada ao controle dimensional da bolsa e da ponta do tubo.



Acabamento, revestimentos e embalagem

1. **Teste hidrostático**
2. **Zincagem**
3. **Cimentação**
4. **Cura do cimento**
5. **Pintura betuminosa**
6. **Acondicionamento / Estocagem**

O revestimento interno com argamassa de cimento é aplicado por centrifugação. A argamassa de cimento é depositada no tubo que está em alta rotação, o que permite a obtenção de uma camada uniforme, compacta e autoportante.

A argamassa de cimento dos tubos é curada a temperatura e umidade controladas. Após a cura do cimento, os tubos vão para as *linhas de pintura*. Uma camada de pintura betuminosa é aplicada sobre a camada de zinco. Em seguida, os tubos são estocados no pátio de expedição. Até o DN 300, os tubos são acondicionados em pacotes.

FABRICAÇÃO DE CONEXÕES, VÁLVULAS E ACESSÓRIOS

❑ Fundição

São utilizados vários processos de moldagem, segundo o tipo e as dimensões das peças a fabricar. Os principais processos de moldagem utilizados pela **Saint-Gobain Canalização** são:

- moldagem em areia verde compactada, para peças até o DN 600,
- moldagem pelo processo de cura a frio, para DN $\geq$ 700.

❑ Acabamento e revestimento

Após a moldagem, as peças são desmoldadas, jateadas e rebarbadas. Conexões, válvulas e acessórios são submetidos, em seguida, a um teste de estanqueidade com ar comprimido, antes de receberem o revestimento betuminoso ou outro tipo de revestimento especificado.

TESTES NA USINA

Todos os tubos, conexões e válvulas **Saint-Gobain Canalização** são submetidos na fábrica a um teste à pressão interna, segundo as normas nacionais e internacionais.

Tubos ponta e bolsa

DN	Pressão do teste hidrostático (Mpa)	
	K7	K9
80 a 100	-	5
150 a 300	3,2	5
350 a 600	2,5	4
700 a 1000	1,8	3,2
1100 a 2000	1,3	2,5

O teste é aplicado em cada tubo, individualmente. Normas NBR 7675 e ISO 2531.

Conexões com bolsa
Tubos e conexões com flange

DN	Controle de estanqueidade
80 a 1200	Teste com ar a uma pressão interna mínima de 0,1 MPa. Controle externo com produto espumante ou imersão em água

O teste é aplicado em cada peça, individualmente. Normas NBR 7675 e ISO 2531.

Válvulas

DN	Controle de estanqueidade (vedação e corpo)
50 a 2000	Ver capítulo específico

Os testes são aplicados em cada peça, individualmente. Normas são citadas nas descrições dos produtos.

QUALIDADE & CERTIFICAÇÃO ISO

A **Saint-Gobain Canalização** implantou um sistema de garantia da qualidade em conformidade à norma **ISO 9001**. Ele tem por objetivo colocar à disposição dos clientes produtos adequados às suas necessidades.

Veja a seguir:

A garantia da qualidade
Certificação ISO

A GARANTIA DA QUALIDADE

A obtenção da qualidade não se limita ao controle dos produtos acabados, mas decorre da implantação de um **sistema apoiado em regras específicas** envolvendo:

- processos de fabricação,
- métodos de trabalho (implantação de procedimentos, definição de circuitos de documentos),
- responsabilização do pessoal envolvido,
- garantia de obediência aos critérios da qualidade, desde o projeto até a expedição.

O sistema de garantia da qualidade da **Saint-Gobain Canalização** envolve não somente a atividade de produção mas também a comercialização e a assistência técnica. Esta é a melhor garantia da boa adequação dos produtos às necessidades dos clientes. O sistema da qualidade da **Saint-Gobain Canalização** é certificado, conforme à norma **ISO 9001**, por entidade externa e independente.

Na produção, a **organização do sistema da qualidade** permite:

- assegurar a regularidade no recebimento das matérias primas, peças e outros componentes necessários à fabricação e à instalação dos produtos na obra.
- dominar o processo de fabricação, consolidando nossa experiência na sua formalização, na sua automatização, na formação do pessoal e na melhoria constante do produto, graças a análise das medidas efetuadas ao longo de todo o ciclo de fabricação,
- verificar, a cada etapa de elaboração do produto, que ele satisfaça as exigências especificadas, e ainda permitir uma detecção antecipada de eventuais desvios e sua correção.

Esta organização está baseada:

- **no autocontrole,** que, na fabricação, constitui a base do sistema e consiste em delegar as pessoas envolvidas o registro dos resultados de seu trabalho segundo regras pré-estabelecidas,
- **na auditoria,** que, de uma maneira sistemática, assegura o cumprimento das regras em vigor e a sua eficácia, tanto para o pessoal interno da **Saint-Gobain Canalização** quanto para os fornecedores e os subfornecedores,
- **no acompanhamento,** que, a partir de medições efetuadas regularmente, permite verificar o desempenho dos procedimentos e dos produtos em relação aos objetivos estabelecidos,
- **no controle** direto de características do produto, matérias primas ou peças.

CERTIFICAÇÃO ISO

A certificação obtida atesta a conformidade do sistema de garantia da qualidade **Saint-Gobain Canalização** às exigências da norma **ISO 9001:2000** para a fabricação de tubos, conexões, válvulas e acessórios em ferro dúctil.

Certificado de Aprovação

SAINT-GOBAIN CANALIZAÇÃO S.A.

FABRICAÇÃO DE TUBOS, CONEXÕES, VÁLVULAS E ACESSÓRIOS EM FERRO FUNDIDO DÚCTIL PARA CANALIZAÇÕES DE ÁGUA E ESGOTO E TAMPÕES PARA SANEAMENTO, INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E DE TELECOMUNICAÇÕES .

A certificação obtida atesta a conformidade dos tubos e conexões de ferro dúctil da **Saint-Gobain Canalização** às exigências das normas **ABNT NBR 7675, EN 545 e ISO 2531.**

Certificado de Aprovação

SAINT-GOBAIN CANALIZAÇÃO LTDA

Usina Itaúna - MG

Certificado de Aprovação

SAINT-GOBAIN CANALIZAÇÃO LTDA

Usina Barra Mansa - RJ

SAINT-GOBAIN
CANALIZAÇÃO

PAM

CAPÍTULO 2 - MANUAL TÉCNICO PROJETO:

NECESSIDADES / RECURSOS DE ÁGUA

O dimensionamento de uma rede deve levar em consideração:

- as necessidades de água, estimadas por métodos estatísticos ou analíticos,
- os recursos de água, avaliados a partir de dados hidrogeológicos e hidrológicos próprios de cada região.

Veja a seguir:

Avaliação das necessidades de água
Avaliação dos recursos de água

AVALIAÇÃO DAS NECESSIDADES DE ÁGUA

Volume

O volume de água necessário para uma coletividade depende:

- da população e das características das localidades a servir,
- das necessidades dos serviços municipais, agrícolas e industriais,
- dos hábitos da população.

Em geral, pressupomos as quantidades médias seguintes por habitante e por dia:

- comunidades rurais: 130 a 180 litros (não incluindo as necessidades agrícolas),
- comunidades médias: 200 a 250 litros (incluindo os serviços municipais),
- cidades: 300 a 450 litros (incluindo os serviços municipais), podendo ser maiores nas grandes cidades.

É conveniente calcular as redes de adução e de distribuição levando-se em consideração perspectivas de desenvolvimento urbano a longo prazo.
A presença de estabelecimentos coletivos ou de caráter industrial deve ser levada em consideração.

A seguir, são dados como exemplo alguns valores médios de necessidades em água:

- escolas: 100 litros por aluno e por dia,
- abatedouros: 500 litros por cabeça de gado e por dia,
- hospitais: 400 litros por leito e por dia,
- combate a incêndio: reserva mínima de 120 m^3, podendo alimentar um hidrante de DN 100 durante 2 horas.

É indispensável ter à disposição uma margem de segurança, para cobrir eventuais esquecimentos ou erros que afetem as informações obtidas e o rendimento efetivo da rede. O rendimento de uma rede é:

r = Volume faturado ÷ Volume produzido

Necessidade bruta da água = (Necessidade líquida ÷ r) × K_{seg} × K_{col}

onde:
K_{seg} = coeficiente de segurança (caso de dados incertos)
K_{col} = coeficiente definido por (Vol. anual faturado futuro ÷ Vol. anual faturado atual)

Vazão

Casos de coletividades (grande número de usuários)
As necessidades em vazão são avaliadas em demandas máximas diárias e demandas máximas horárias. Uma rede de distribuição é geralmente dimensionada para vazões de demanda máxima horária.

$$\mathbf{Q_{mh} = Kd \times Kh \times (Vd_{médio} \div 24)\ (m^3/h)}$$

onde:
$Vd_{médio} = V_{anual}\ (m^3) \div 365$: consumo diário médio no ano

Kd = relação entre o maior consumo diário, verificado no período de um ano e o consumo médio diário neste mesmo período, ou seja:

$Kd = Vd_{máx} \div Vd_{médio}$: coeficiente de demanda máxima diária

Kh = relação entre a vazão máxima horária e a vazão média do dia de maior consumo, ou seja:

$Kh = (Qh_{máx} \div Vd_{máx}) \times 24$: coeficiente de demanda máxima horária
$Qh_{máx}$: vazão utilizada durante a hora de maior consumo do dia de maior consumo (m^3/h).
$Vd_{máx}$: volume utilizado no dia de maior consumo do ano (m^3/dia).

Casos de imóveis coletivos (pequeno número de usuários)
As necessidades em vazão são avaliadas não mais em função do número de consumidores, mas em função do número de aparelhos (lavabos, pias, banheiros, etc.), ponderados por um coeficiente de simultaneidade de funcionamento:

$$\mathbf{Q = k.n.q}$$

onde:
q: vazão unitária de um aparelho
n: número de aparelhos (n > 1)

$$\mathbf{k} = \frac{1}{\sqrt{(n-1)}}$$ coeficiente provável de simultaneidade (não significativo para grandes valores de n)

Exemplo nº 1

Hipóteses

- coletividade semi-rural: população atual 1 500 habitantes, crescimento demográfico 1 000 habitantes (horizonte 25 anos)
- volume anual faturado: 75 000 m^3
- rendimento estimado da rede: r = 75%
- coeficientes de dia e hora de maior consumo: Kd = 2,5 ; Kh = 1,8

Cálculos e resultados

Volume anual futuro: $Va_{futuro} = 75\,000 + (0{,}2 \times 2\,500 \times 365) = 275\,500\ m^3$ (consumo diário estimado por habitante: 200 l)

$$\mathbf{K_{col} = Va_{futuro} \div Va_{atual} = 257\,500 \div 75\,000 = 3{,}43}$$

Segurança para dados incertos: 20% ($K_{seg} = 1{,}2$)

Necessidade bruta anual: $N = (Va \div r) \times k_{col} \times K_{seg} = 796\ 894\ m^3$

Vazão média diária futura: $Q_{mdf} = 796\ 894 \div 365 = 2183\ m^3$

Vazão máxima horária futura: $Q_{mhf} = Kd \times Kh \times (Q_{mdf} \div 24) = 409\ m^3/h$

Neste exemplo, uma canalização de adução deverá ser dimensionada para garantir uma vazão de 409 m^3/h, em um horizonte de 25 anos.

Exemplo nº2

Hipóteses
Imóvel coletivo: 10 apartamentos, 7 aparelhos por apartamento, vazão unitária média de um aparelho: 0,1 l / s

Cálculos e resultados
O reservatório de abastecimento deste imóvel, por exemplo, deverá possuir uma demanda

Q = k.n.q

onde:

$$k = \frac{1}{\sqrt{(7 \times 10) - 1}} = 0{,}12$$

Q = 0,1 × 70 × 0,12 = 0,84 l/s

AVALIAÇÃO DOS RECURSOS DE ÁGUA

A água pode ser captada em profundidade (lençol subterrâneo, nascente) ou em superfície (córregos, rios, barragens, etc). Em todos estes casos, é preciso estudar de maneira precisa a hidrologia, em particular os regimes hidrográficos e hidrogeológicos dos pontos de captação, cuja disponibilidade pode ser variável ao longo do ano.

Uma série de medições dos recursos de água, efetuadas por um longo período, permite determinar estatisticamente a evolução das vazões quanto aos volumes disponíveis, principalmente em período de estiagem.

Nos casos de um córrego ou rio cuja vazão é insuficiente (período de estiagem), é necessário criar uma reserva, com a construção de uma barragem.

Quando não dispomos de resultados obtidos por medições *in loco*, podemos estimar a vazão de um curso de água com a ajuda de diferentes métodos adaptados à topografia e à hidrologia da bacia hidrográfica deste curso de água.

ESCOLHA DO DIÂMETRO

A escolha do diâmetro de uma canalização sob pressão é feita levando-se em consideração:

- parâmetros hidráulicos (vazão, perdas de carga, velocidade) para uma adução por gravidade,
- parâmetros hidráulicos e econômicos ideais (custo do bombeamento e amortização das instalações) para uma adução por recalque.

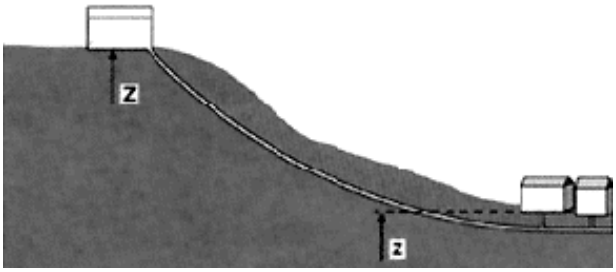
Em função das condições de serviço,deve-se quantificar os riscos eventuais de golpes de ariete, cavitação e abrasão, e instalar as proteções adequadas.

Veja a seguir:

- Adução por gravidade
- Adução por recalque
- Aplicação
- Precauções

ADUÇÃO POR GRAVIDADE

Definição



A adução por gravidade é o modo de adução que permite, a partir de um reservatório de água situado em uma cota Z, alimentar por uma canalização pressurizada todos os pontos situados a cotas z < Z, sem necessidade de bombeamento.

Princípios de dimensionamento

Características da rede

Q: vazão em função das necessidades (m^3/s)

- vazão de pico na distribuição ou vazão de incêndio,
- vazão média na adução,

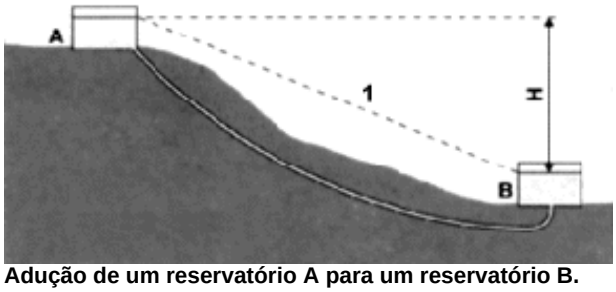
j: perda de carga unitária (m/m).
V: velocidade da água na canalização (m/s).
D: diâmetro interno da canalização (m).
L: comprimento da canalização (m).

Características topográficas

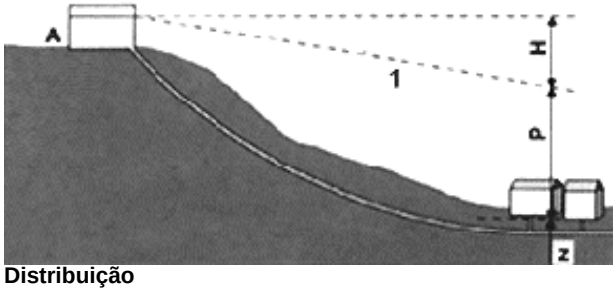
Para o cálculo, tomamos o caso mais desfavorável.

- Adução de um reservatório A para um reservatório B.
  H = cota do nível mínimo em A - cota do nível máximo de B.

- Distribuição
  H: altura correspondente à diferença entre o nível mínimo no reservatório A e a cota (z + P).
  P: pressão mínima de distribuição no ponto mais elevado.
  z: cota do terreno.



Adução de um reservatório A para um reservatório B.
H: Carga disponível
1. Linha piezométrica



Distribuição
1. Linha piezométrica

Fórmulas

Sabendo que: $Q = \frac{\pi D^2}{4} \times V$

a fórmula de *Darcy* se escreve: $j = \frac{\lambda V^2}{2 g D} = \frac{8 \lambda Q^2}{\pi^2 g D^5}$

λ, função de **(k, ν, D)**, é deduzido da fórmula de *Colebrook*, na qual k = 0,1mm (rugosidade).
Para mais detalhes, ver **Perdas de Carga.**

Determinação do diâmetro (D)
A perda da carga unitária máxima é: **j = H ÷ L**

O DN pode ser determinado:

- por cálculo, resolvendo o sistema de equações constituído pelas fórmulas de *Darcy* e *Colebrook* (cálculo por interações que implicam em meios informáticos),
- por leitura direta das tabelas de perdas de carga.

Exemplo
Vazão: Q = 30 l/s
Comprimento: L = 4 000 m
Carga disponível: H = 80 m

j = H ÷ L = 80 ÷ 4 000 = 0,02 m/m = 20 m/km

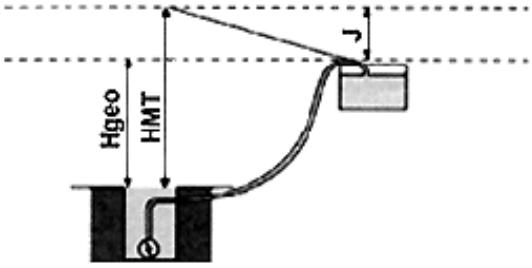
A tabela de perdas de carga indica que é preciso escolher o DN 150 com:
velocidade: V = 1,7 m/s
perda de carga: j = 18,96 m/km.
Ver **Perdas de Carga (Tabelas).**

ADUÇÃO POR RECALQUE

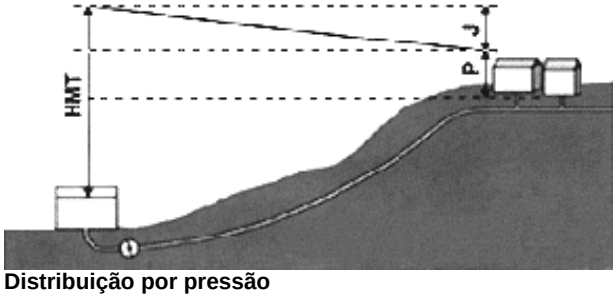
Definição

É frequente a captação ou o reservatório estar situado a uma altura insuficiente para satisfazer as condições de pressão requeridas. É preciso, então, fornecer ao fluido a energia necessária para tomar possível a distribuição.
Chamamos:

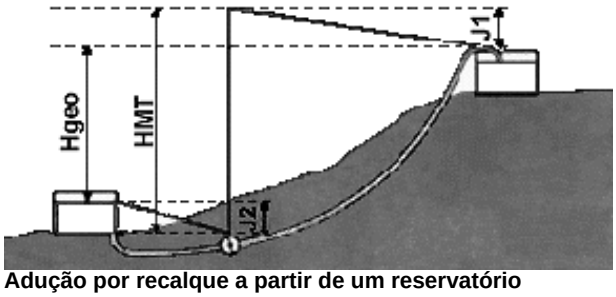
- **altura geométrica (Hgeo)** a diferença de altura entre o plano da água de bombeamento e o lugar a alimentar.
- **altura manométrica total (HMT)** a altura geométrica incrementada das perdas de carga totais ligadas à aspiração e ao bombeamento, ou a pressão residual mínima de distribuição (ver figuras dadas a título de exemplo).



Adução por recalque a partir de um poço
HMT = Hgeo + J



Distribuição por pressão
P= Pressão mínima de serviço



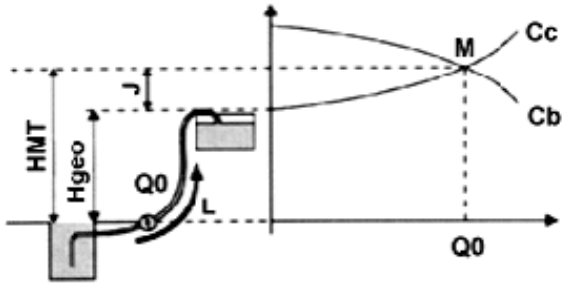
Adução por recalque a partir de um reservatório
HMT = Hgeo + J_1 + J_2

Princípios de dimensionamento

Resolução gráfica

$HMT = H_{geo} + J$
$J = f(Q^2)$

C_c: Curva característica do sistema
C_b: Curva característica da bomba
M: ponto de funcionamento



Nota: resolução válida para níveis de sucção e recalque constantes; caso contrário, é preciso estudar os pontos de funcionamento limitados pelas curvas características.

Dimensionamento hidráulico

Sabemos que:

$J = j\,L$

$j = (\lambda\, V^2) \div (2\, g\, D)$

λ é função de **υ, k, D**.

No bombeamento, é preciso levar em consideração as curvas características da rede e das bombas, e assegurar-se de que, em função do DN escolhido, o ponto de funcionamento M corresponde à vazão solicitada Q_0.

Diâmetro econômico

O diâmetro econômico é calculado levando-se em consideração:

- amortização de instalações (elevatória de bombeamento e canalização).
- gastos de bombeamento, sendo a potência dada pela seguinte fórmula:

$$P = 0{,}0098 \times \frac{Q \times HMT}{r}$$

onde:

P: potência do conjunto elevatório (kW)
Q: vazão (l/s)
HMT: altura manométrica total (m)
r: rendimento moto-bomba.

APLICAÇÃO

Utiliza-se dois métodos, segundo a importância do projeto:

Pequenos projetos

Aplica-se a fórmula de *Vibert*, válida para os pequenos e médios DN, e pequenos comprimentos:

$D = 1{,}456\,(ne \div f)^{0{,}154} \times Q^{0{,}46}$

onde:

D: diâmetro econômico
f: preço da canalização assentada em $/kg
Q: vazão em m3/s
n = (duração do bombeamento em h) ÷ 24
e: preço do kWh em $.

O coeficiente 1,456 considera uma taxa de amortização de 8% durante 50 anos.
O DN escolhido deve ser idêntico ou imediatamente superior ao diâmetro D.
Obs.: Utilizar a unidade monetária ($) conveniente.

Grandes projetos
Para os grandes comprimentos e diâmetros maiores, é preciso efetuar um estudo econômico detalhado. O diâmetro adotado será aquele correspondente a um custo anual mínimo (amortização do investimento mais custos de bombeamento).

PRECAUÇÕES

A velocidade varia bastante em relação ao diâmetro. Além das perdas de carga, é conveniente verificar a compatibilidade com os fenômenos eventuais de:

- golpes de ariete,
- cavitação,
- abrasão.

PRESSÃO (TERMINOLOGIA)

Sob o termo **pressão**, deve-se distinguir as terminologias:

- do projeto da canalização (ligadas às capacidades hidráulicas),
- do fabricante (ligadas ao desempenho dos produtos).

Veja a seguir:

- Terminologia
- Dimensionamento de uma canalização
- Terminologia do projetista
- Terminologia do fabricante
- Outras definições do fabricante
- Pressão de teste de estanqueidade

TERMINOLOGIA

As terminologias utilizadas para tubos e conexões em ferro dúctil, são as seguintes:

	Terminologia	
	Abreviatura	Descrição
Projeto	PRP	Pressão de cálculo em regime permanente
	PMC	Pressão máxima de cálculo
	PTR	Pressão de teste da rede
Fabricante	PSA	Pressão de serviço admissível
	PMS	Pressão máxima de serviço
	PTA	Pressão de teste admissível

DIMENSIONAMENTO DE UMA CANALIZAÇÃO

PRP ≤ PSA
PMC ≤ PMS
PTR ≤ PTA

No momento da escolha de um componente de uma canalização, é preciso assegurar-se de que as três condições acima são respeitadas.

TERMINOLOGIA DO PROJETISTA

PRP - Pressão de cálculo em regime permanente
Pressão máxima de serviço, fixada pelo projetista, excluindo o golpe de ariete.

PMC - Pressão máxima de cálculo
Pressão máxima de serviço, fixada pelo projetista, incluindo o golpe de ariete e levando em consideração alterações futuras.

- PMCe quando parte do golpe de ariete é estimado,
- PMCc quando o golpe de ariete é calculado.

PTR - Pressão de teste da rede
Pressão hidrostática aplicada a uma canalização recentemente assentada, de modo a assegurar sua integridade e sua estanqueidade.

TERMINOLOGIA DO FABRICANTE

PSA - Pressão de serviço admissível
Pressão interna, excluindo o golpe de ariete, que um componente pode suportar com total segurança, de forma contínua, em regime hidráulico permanente.

PMS - Pressão máxima de serviço
Pressão interna máxima, incluindo o golpe de ariete, que um componente pode suportar em serviço.

PTA - Pressão de teste admissível
Pressão hidrostática máxima, que pode ser aplicada no teste de campo, a um componente de uma canalização recém-instalada.

OUTRAS DEFINIÇÕES DO FABRICANTE

PN - Pressão nominal
Designação numérica expressa por um número utilizado como referência. Todos os materiais com flanges de um mesmo DN e designados por um mesmo PN, têm as dimensões dos flanges compatíveis.

O quadro a seguir apresenta a correspondência entre as pressões de serviço, de teste e a designação PN dos tubos e conexões com flanges.

DN	PN 10			PN 16			PN 25		
	PSA	PMS	PTA	PSA	PMS	PTA	PSA	PMS	PTA
	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
80	1,6	2,0	2,5	1,6	2,0	2,5	4,0	4,8	5,3
100 e 150	1,6	2,0	2,5	1,6	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5
200 a 300	1,0	1,2	1,7	1,6	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5
350 a 1200	1,0	1,2	1,7	1,6	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5
1400 a 2000	1,0	1,2	1,7	1,6	2,0	2,5	-	-	-

PRESSÃO DE TESTE DE ESTANQUEIDADE

Pressão aplicada a um componente durante a fabricação, para assegurar a estanqueidade.
Ver **Testes na Usina**.

PRESSÕES DE SERVIÇO ADMISSÍVEIS

As canalizações da **Saint-Gobain Canalização** são concebidas para resistir a pressões elevadas, em geral bem superiores aos valores habitualmente encontrados nas redes. Isso se justifica pela necessidade de resistir às numerosas solicitações a que elas são submetidas, não somente no momento da entrada em operação, mas também - e principalmente - ao longo do tempo.

Veja a seguir:

- Definições
- Casos de materiais com flanges
- Dimensionamento de uma canalização
- Coeficiente de segurança
- Utilização da tabela de pressões

DEFINIÇÕES

Para cada componente da canalização são definidos 3 níveis de pressões:

PSA - Pressão de serviço admissível
Pressão interna, excluindo o golpe de ariete, que um componente pode suportar com total segurança, de forma contínua, em regime hidráulico permanente.

PMS - Pressão máxima de serviço
Pressão interna máxima, incluindo o golpe de ariete, que um componente pode suportar em serviço.

PTA - Pressão de teste admissível
Pressão hidrostática máxima, que pode ser aplicada no teste de campo, a um componente de uma canalização recém-instalada.

CASOS DE MATERIAIS COM FLANGES

O quadro a seguir apresenta a correspondência entre as pressões de serviço, de teste e a designação PN dos tubos e conexões com flanges:

DN	PN 10			PN 16			PN 25		
	PSA	PMS	PTA	PSA	PMS	PTA	PSA	PMS	PTA
	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
80	1,6	2,0	2,5	1,6	2,0	2,5	4,0	4,8	5,3
100 e 150	1,6	2,0	2,5	1,6	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5
200 a 300	1,0	1,2	1,7	1,6	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5
350 a 1200	1,0	1,2	1,7	1,6	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5
1400 a 2000	1,0	1,2	1,7	1,6	2,0	2,5	-	-	-

DIMENSIONAMENTO DE UMA CANALIZAÇÃO

PRP $\leq$ PSA
PMC $\leq$ PMS
PTR $\leq$ PTA

No momento da escolha de um componente de uma canalização, é preciso assegurar-se de que as três condições acima sejam respeitadas.

Onde:

- PRP = Pressão de cálculo em regime permanente

- PMC = Pressão máxima de cálculo
- PTR = Pressão de teste da rede.

COEFICIENTE DE SEGURANÇA

As pressões indicadas na tabela anterior são estabelecidas com coeficientes de segurança elevados, que levam em conta não somente os esforços devidos à pressão interna, mas também outras inúmeras solicitações, às vezes acidentais, a que as canalizações são submetidas no momento de sua instalação e quando estão em serviço.

Exemplo
Para um tubo, a PSA é calculada com um coeficiente de segurança de:
- 3 em relação à resistência mínima à ruptura.
- 2 em relação ao limite elástico mínimo.

Consultar a **Saint-Gobain Canalização** sobre a utilização em níveis de pressões superiores aos indicados nas tabelas.

UTILIZAÇÃO DA TABELA DE PRESSÕES

A resistência à pressão de um componente de canalização depende:
- da resistência do corpo deste componente,
- da qualidade da(s) junta(s) que o equipa(m).

As tabelas de pressões listadas abaixo indicam, para cada tipo de componente (tubos, conexões, ...) e cada tipo de junta, as PSA, PMS e PTA que é conveniente considerar.
- **Pressões de serviço admissíveis - Tubo Classe K7**
- **Pressões de serviço admissíveis - Tubo Classe K9**
- **Pressões de serviço admissíveis - Conexões com bolsas**
- **Pressões de serviço admissíveis - Peças com flanges**

Exemplo
Tê DN 300 com bolsas (JGS) e flange DN 150 PN 25:
- PSA = 2,5 MPa
- PMS = 3,0 MPa
- PTA = 3,5 MPa

PRESSÕES DE SERVIÇO ADMISSÍVEIS - TUBO CLASSE K7

DN	Tubos - Classe K7					
	JGS			JTI		
	PSA	PMS	PTA	PSA	PMS	PTA
	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
150	6,4	7,7	8,2	1,6	1,9	2,4
200	5,3	6,3	6,8	1,0	1,2	1,7
250	4,4	5,2	5,7	1,0	1,2	1,7
300	3,8	4,6	5,1	1,0	1,2	1,7
350	3,4	4,1	4,6	-	-	-
400	3,0	3,6	4,1	-	-	-
450	2,9	3,5	4,0	-	-	-
500	2,8	3,3	3,8	-	-	-
600	2,6	3,1	3,6	-	-	-
700	2,4	2,9	3,4	-	-	-
800	2,3	2,8	3,3	-	-	-
900	2,3	2,7	3,2	-	-	-
1000	2,2	2,6	3,1	-	-	-
1200	2,1	2,5	3,0	-	-	-

PSA - Pressão de serviço admissível
Pressão interna, excluindo o golpe de ariete, que um componente pode suportar com total segurança, de forma contínua, em regime hidráulico permanente.

PMS - Pressão máxima de serviço
Pressão interna máxima, incluindo o golpe de ariete, que um componente pode suportar em serviço.

PTA - Pressão de teste admissível
Pressão hidrostática máxima, que pode ser aplicada no teste de campo, a um componente de uma canalização recém-instalada.

1 MPa = 10,19 kgf/cm^2 = 101,9 m.c.a

PRESSÕES DE SERVIÇO ADMISSÍVEIS - TUBO CLASSE K9

DN	Tubos - Classe K9											
	JGS			JTI			JTE			JPK		
	PSA	PMS	PTA	PSA	PMS	PTA	PSA	PMS	PTA	PSA	PMS	PTA
	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
80	6,4	7,7	8,2	2,5	3,0	3,5	-	-	-	-	-	-
100	6,4	7,7	8,2	2,5	3,0	3,5	-	-	-	-	-	-
150	6,4	7,7	8,2	2,5	3,0	3,5	-	-	-	-	-	-
200	6,2	7,4	7,9	1,6	1,9	2,4	-	-	-	-	-	-
250	5,5	6,6	7,1	1,6	1,9	2,4	-	-	-	-	-	-
300	4,9	5,9	6,4	1,6	1,9	2,4	3,7	4,4	4,9	-	-	-
350	4,6	5,5	6,0	-	-	-	3,0	3,6	4,1	-	-	-
400	4,2	5,1	5,6	-	-	-	3,0	3,6	4,1	-	-	-
450	4,1	4,9	5,4	-	-	-	3,0	3,6	4,1	-	-	-
500	3,8	4,6	5,1	-	-	-	3,0	3,6	4,1	-	-	-
600	3,6	4,3	4,8	-	-	-	2,7	3,2	3,7	-	-	-
700	3,4	4,1	4,6	-	-	-	2,5	3,0	3,5	-	-	-
800	3,2	3,9	4,4	-	-	-	1,6	1,9	2,4	-	-	-
900	3,1	3,7	4,2	-	-	-	1,6	1,9	2,4	-	-	-
1000	3,0	3,6	4,1	-	-	-	1,6	1,9	2,4	-	-	-
1200	2,9	3,5	4,0	-	-	-	1,4	1,7	2,2	-	-	-
1400	2,8	3,3	3,8	-	-	-	-	-	-	2,5	3,0	3,5
1500	2,7	3,3	3,8	-	-	-	-	-	-	2,5	3,0	3,5
1600	2,7	3,3	3,8	-	-	-	-	-	-	2,5	3,0	3,5
1800	2,7	3,2	3,7	-	-	-	-	-	-	1,6	1,9	2,4
2000	2,6	3,1	3,6	-	-	-	-	-	-	Consultar		

Os tubos com junta travada externa, nos DN superiores a 700, podem ser utilizados em pressões superiores de até 2,5 Mpa, usando-se parafusos especiais. Consultar a **Saint-Gobain Canalização**.

PSA - Pressão de serviço admissível
Pressão interna, excluindo o golpe de ariete, que um componente pode suportar com total segurança, de forma contínua, em regime hidráulico permanente.

PMS - Pressão máxima de serviço
Pressão interna máxima, incluindo o golpe de ariete, que um componente pode suportar em serviço.

PTA - Pressão de teste admissível
Pressão hidrostática máxima, que pode ser aplicada no teste de campo, a um componente de uma canalização recém-instalada.

1 MPa = 10,19 kgf/cm^2 = 101,9 m.c.a

PRESSÕES DE SERVIÇO ADMISSÍVEIS - CONEXÕES COM BOLSAS

Se uma conexão é formada por dois tipos de juntas (exemplo tê com bolsas e flanges) é conveniente adotar as PSA, PMS e PTA mais baixas.

DN	Conexões														
	JGS			JM			JTI			JTE			JPK		
	PSA	PMS	PTA	PSA	PMS	PTA	PSA	PMS	PTA	PSA	PMS	PTA	PSA	PMS	PTA
	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
80	6,4	7,7	8,2	-	-	-	2,5	3,0	3,5	-	-	-	-	-	-
100	6,4	7,7	8,2	4,0	4,8	5,3	2,5	3,0	3,5	-	-	-	-	-	-
150	6,4	7,7	8,2	4,0	4,8	5,3	2,5	3,0	3,5	-	-	-	-	-	-
200	6,2	7,4	7,9	3,5	4,2	4,7	1,6	1,9	2,4	-	-	-	-	-	-
250	5,5	6,6	7,9	3,5	4,2	4,7	1,6	1,9	2,4	-	-	-	-	-	-
300	4,9	5,9	6,4	3,2	3,8	4,3	1,6	1,9	2,4	4,1	4,9	5,4	-	-	-
350	4,6	5,5	6,9	3,1	3,7	4,2	-	-	-	3,0	3,6	4,1	-	-	-
400	4,2	5,1	5,6	3,1	3,7	4,2	-	-	-	3,0	3,6	4,1	-	-	-
450	4,1	4,9	5,4	3,0	3,6	4,1	-	-	-	3,0	3,6	4,1	-	-	-
500	3,8	4,6	5,1	3,0	3,6	4,1	-	-	-	3,0	3,6	4,1	-	-	-
600	3,6	4,3	4,8	2,9	3,5	4,0	-	-	-	2,7	3,2	3,7	-	-	-
700	3,4	4,1	4,6	2,8	3,4	3,9	-	-	-	2,5	3,0	3,5	-	-	-
800	3,2	3,9	4,4	2,7	3,2	3,7	-	-	-	1,6	1,9	2,4	-	-	-
900	3,1	3,7	4,2	2,7	3,2	3,7	-	-	-	1,6	1,9	2,4	-	-	-
1000	3,0	3,6	4,1	2,7	3,2	3,7	-	-	-	1,6	1,9	2,4	-	-	-
1200	2,9	3,5	4,0	2,6	3,1	3,6	-	-	-	1,4	1,7	2,2	-	-	-
1400	2,8/2,2*	3,3/2,6*	3,8/3,1*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5/2,2*	3,0/2,6*	3,5/3,1*
1500	2,7/2,2*	3,3/2,6*	3,8/3,1*		-			-	-	-	-	-	2,5/2,2*	3,0/2,6*	3,5/3,1*
1600	2,7/2,1*	3,3/2,5*	3,8/3,0*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5/2,1*	3,0/2,5*	3,5/3,0*
1800	2,7/1,6*	3,2/1,9*	3,7/2,4*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	1,9	2,4
2000	2,6/1,6*	3,1/1,9*	3,6/2,4*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Consultar		

* Valores para tê com 2 bolsas e flange orientável para derivação com DN > 600.

No caso de conexões flangeadas, consultar tabela de peças com flanges.

PSA - Pressão de serviço admissível
Pressão interna, excluindo o golpe de ariete, que um componente pode suportar com total segurança, de forma contínua, em regime hidráulico permanente.

PMS - Pressão máxima de serviço
Pressão interna máxima, incluindo o golpe de ariete, que um componente pode suportar em serviço.

PTA - Pressão de teste admissível
Pressão hidrostática máxima, que pode ser aplicada no teste de campo, a um componente de uma canalização recém-instalada.

1 MPa = 10,19 kgf/cm^2 = 101,9 m.c.a

PRESSÕES DE SERVIÇO ADMISSÍVEIS - PEÇAS COM FLANGES

DN	PN 10			PN 16			PN 25		
	PSA	PMS	PTA	PSA	PMS	PTA	PSA	PMS	PTA
	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
80	1,6	2,0	2,5	1,6	2,0	2,5	4,0	4,8	5,3
100 e 150	1,6	2,0	2,5	1,6	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5
200 à 300	1,0	1,2	1,7	1,6	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5
350 à 1200	1,0	1,2	1,7	1,6	2,0	2,5	2,5	3,0	3,5
1400 à 2000	1,0	1,2	1,7	1,6	2,0	2,5	-	-	-

PSA - Pressão de serviço admissível
Pressão interna, excluindo o golpe de ariete, que um componente pode suportar com total segurança, de forma contínua, em regime hidráulico permanente.

PMS - Pressão máxima de serviço
Pressão interna máxima, incluindo o golpe de ariete, que um componente pode suportar em serviço.

PTA - Pressão de teste admissível
Pressão hidrostática máxima, que pode ser aplicada no teste de campo, a um componente de uma canalização recém-instalada.

1 MPa = 10,19 kgf/cm^2 = 101,9 m.c.a

DIMENSÕES

As principais dimensões e tolerâncias dos tubos e conexões em ferro dúctil são normalizadas, segundo as normas NBR 7675, NBR 8682, NBR 13747, ISO 2531 e ISO 4179.

Veja a seguir:

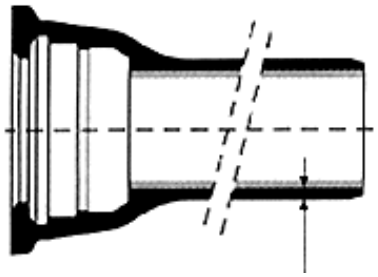
- Espessura nominal do ferro
- Espessura do revestimento de cimento dos tubos
- Comprimento utíl dos tubos
- Diâmetro externo dos tubos
- Diâmetro interno dos tubos

ESPESSURA NOMINAL DO FERRO

Normas NBR 7675 e ISO 2531.
A espessura nominal do ferro dos tubos e conexões é calculada em função do DN, através das seguintes fórmulas:

$$e_{ferro} = K\,(0{,}5 + 0{,}001\,DN)$$

onde:
e ferro: espessura nominal da parede em mm
DN: diâmetro nominal



e ferro fundido

K: coeficiente utilizado para designar a classe de espessura, escolhida na série de números inteiros: ...7, 8, 9, 10, 11, 12...

Nota: devem ser aplicadas as seguintes exceções a fórmula acima:

- 1ª) para tubos DN 80 de classe K7: e = 4,3 + 0,008 DN;
  Se a espessura calculada para classe K9 resultar em um valor menor do que 6,0 mm, a espessura a ser adotada para fabricação dos tudos deve ser superior ou igual a 6,0 mm.
- 2ª) para tubos DN 100 até DN 300 classe K7: e = 4,75 + 0,003 DN.

Tubos

Para um DN dado, o diâmetro externo de um tubo é idêntico, qualquer que seja a classe de espessura.

Tubos com flanges (flange e flange; flange e bolsa; e flange e ponta)

- Tubos DN 80 a 600 - na classe K9 com flange soldado nas PN 10, PN 16 e PN 25.
- Tubos DN 700 a 1200; PN 10 - na classe K12 com flange roscado PN 10.
- Tubos DN 700(*) a 1200; PN 16 e PN 25 - na classe K14(**) com flange fundido nas PN 16, PN 25.
  Nota:
  (*) No tubo DN 700 PN 16 o flange pode ser roscado ou fundido.
  (**) Os tubos classe K14 possuem um comprimento máximo de 2 metros.

Tubos Cilíndricos

Os tubos Cilíndricos (ponta e ponta) são fabricados na classe K9.

Conexões

As conexões são fabricadas na classe K12, com exceção das junções 45º que são fabricados na classe K14.

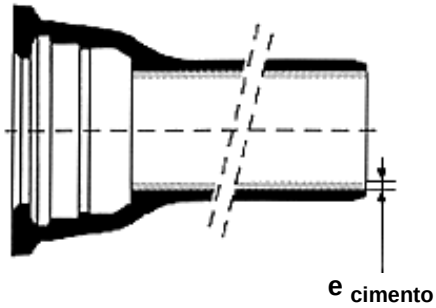
Tolerância sobre a espessura de ferro

Tipo de peça	Espessura	Tolerância
	mm	mm
Tubos centrifugados	≥ 6	- (1,3 + 0,001 DN)
Tubos não centrifugados e conexões	≥ 7	- (2,3 + 0,001 DN)

ESPESSURA DO REVESTIMENTO DE CIMENTO DOS TUBOS

Normas NBR 8682 e ISO 4179.

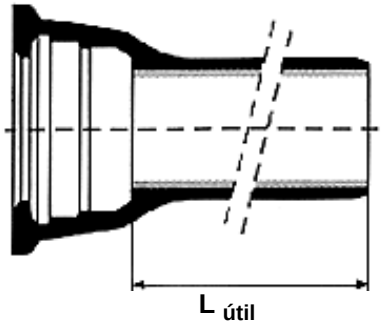
DN	Espessura do cimento		
	Valor nominal	Valor médio	Valor mínimo
	mm	mm	mm
80 a 300	3,0	2,5	1,5
350 a 600	5,0	4,5	2,5
700 a 1200	6,0	5,5	3,0



COMPRIMENTO ÚTIL DOS TUBOS

Normas NBR 7675 e ISO 2531.

O comprimento útil de um tubo leva em consideração, para cálculo do comprimento total da canalização, o comprimento do tubo fora a bolsa.



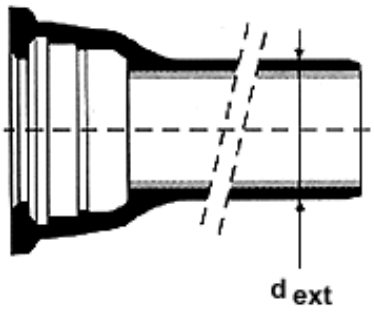
Os tubos com bolsas têm os seguintes comprimentos úteis:

DN	Comprimento (L) útil dos tubos ponta e bolsa
	m
80 a 600	6
700 a 1200	7
1400 a 2000	8,15

A tolerância sobre esses comprimentos é: ± 30 mm.
A porcentagem dos tubos com ponta e bolsa entregues com comprimento inferior não deve ultrapassar 10% do total do pedido.

DIÂMETRO EXTERNO DOS TUBOS

Norma NBR 13747 e ISO 2531.
O diâmetro externo da ponta dos tubos é indicado nas tabelas correspondentes. Ver **Tubos, Conexões e Acessórios.**



Tolerâncias da ovalização

A ovalização da ponta dos tubos e conexões deve ficar dentro dos limites de:

$$DE \left[\begin{array}{l} + 0,5 \\ - (1,5 + 0,004\ DN) \end{array} \right] \text{ para o DN 80 a 200}$$

- não ultrapassar 1% para os DN 250 a 600 ou 2% para os DN > 600.

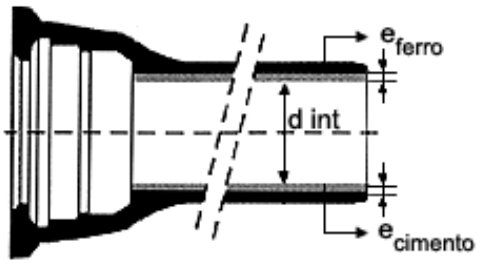
Quando a ovalização ultrapassar estes valores, aplicar os processos de desovalização. Ver **Desovalização** em **Informações Técnicas - Assentamento.**

Recomendação: Em todos os casos de corte de um tubo, recomenda-se verificar previamente o diâmetro externo no local onde vai ser feito o corte. Ver **Corte dos Tubos** em **Informações Técnicas - Assentamento.**

DIÂMETRO INTERNO DOS TUBOS

A **Saint-Gobain Canalização** recomenda que, no dimensionamento hidráulico das canalizações, se utilize o diâmetro interno (DI) dos tubos:

DI = DE - 2. e $_{ferro}$ - 2. e $_{cimento}$



COEFICIENTE DE SEGURANÇA

As solicitações mecânicas (pressão interna, cargas externas) as quais é submetida uma canalização quando colocada em serviço podem ser avaliadas com precisão. Em contrapartida, é mais difícil prever com certeza quais os esforços que aparecerão com o tempo. A **Saint-Gobain Canalização** adota coeficientes de segurança elevados, com o objetivo de assegurar às canalizações de ferro dúctil uma durabilidade máxima.

Veja a seguir:

- Coeficientes de segurança mínima especificados
- Coeficientes de segurança experimentais
- Avaliações experimentais

COEFICIENTES DE SEGURANÇA MÍNIMA ESPECIFICADOS

$$\sigma_{\text{Trabalho (tração)}} \leq \frac{\text{Rm (tração)}}{3}$$

$$\sigma_{\text{Trabalho (flexão)}} \leq \frac{\text{Rm (flexão)}}{2}$$

$$\frac{\Delta D}{D} \leq 4\%$$

Os tubos são dimensionados segundo os critérios das normas NBR 7675, ISO 2531, NBR 13747 e ISO 10803.

Pressão interna
A tensão de trabalho na parede do tubo não deve exceder um terço do limite da tensão de ruptura (o que corresponde à metade do limite elástico de tração).

Cargas externas
A deformação não deve acarretar:

- uma tensão superior à metade do limite de ruptura em flexão,
- uma ovalização vertical superior a 4%.

A ovalização máxima de 4% é recomendada pelas normas NBR 7675 e ISO 10803 para garantir a aderência da argamassa de cimento (principalmente para os DN > 800).

COEFICIENTES DE SEGURANÇA EXPERIMENTAIS

Os tubos da **Saint-Gobain Canalização** dispõem, além de suas características nominais (Pressão de Serviço Admissível, Alturas de Recobrimento), de uma grande reserva de segurança.

Efetivamente:

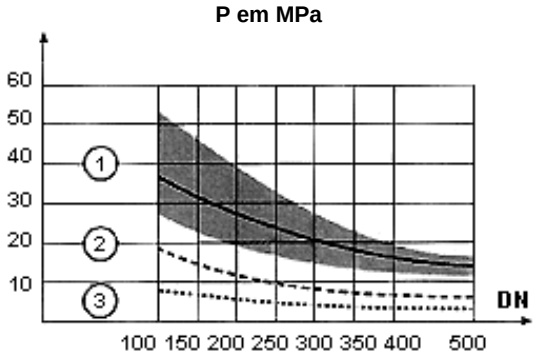
- a ductibilidade confere aos materiais em ferro dúctil uma grande capacidade de absorção de trabalho ou energia, além dos limites de seu regime elástico,
- os métodos utilizados para o cálculo das espessuras dos tubos e conexões prevêem coeficientes de segurança elevados.

Isso é ilustrado pelos dois gráficos abaixo, onde vemos que as pressões de ruptura reais observadas são mais que o dobro das Pressões de Serviço Admissíveis.

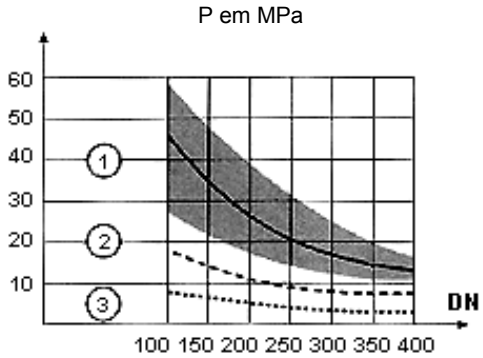
AVALIAÇÕES EXPERIMENTAIS

1. Pressão de ruptura real
2. Pressão de ruptura calculada
3. Pressão de serviço admissível

- **Tubos**



- Conexões



PERFIL DA CANALIZAÇÃO

O ar é prejudicial ao bom funcionamento de uma canalização sob pressão. Sua presença pode acarretar:

- uma redução da vazão de água,
- um desperdício de energia,
- riscos de golpes de ariete.

Uma série de precauções simples no momento da definição do perfil da canalização permite minimizar seus efeitos.

Veja a seguir:

- Origem do ar nas canalizações
- Efeito do ar nas canalizações
- Recomendações práticas

ORIGEM DO AR NAS CANALIZAÇÕES

A introdução de ar em uma canalização pode ter origem principalmente:

- no momento do enchimento consecutivo a um ensaio hidrostático (ou um esvaziamento), em conseqüência do número insuficiente de aparelhos de eliminação de ar (ventosas),
- nas proximidades de válvulas de pé com crivo, quando as canalizações de sucção ou juntas de bombas não são estanques,
- por dissolução na água sob pressão (o ar se acumula nos pontos altos do perfil da adutora).

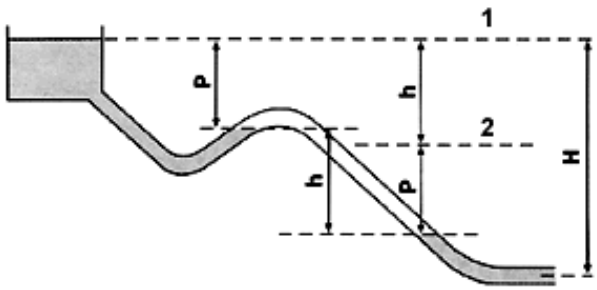
EFEITO DO AR NAS CANALIZAÇÕES

O ar é prejudicial ao bom funcionamento de uma canalização. As bolsas de ar concentram-se nos pontos altos e, sob a pressão a montante, deformam-se e produzem um desnível.

Canalização por gravidade

A bolsa de ar transmite para jusante a pressão estática P que é observada a montante; o nível hidrostático abaixa. A pressão de utilização H é reduzida a uma quantidade h que corresponde à diferença do nível entre as extremidades da bolsa de ar e equivale à coluna de água que falta.

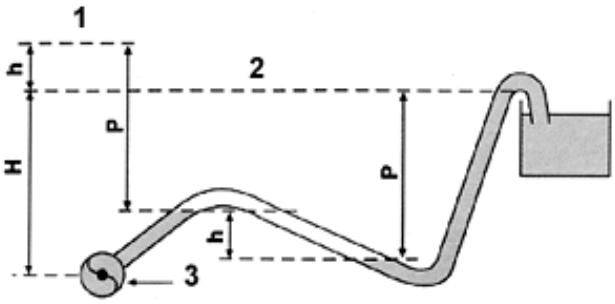
Dinamicamente, sabemos ainda que haverá as mesmas perdas de carga aliadas à redução de vazão, devido a eventuais turbulências que aparecem neste local.



1. **Nível hidrostático normal**
2. **Nível hidrostático reduzido**

Canalização por recalque

Da mesma maneira que numa canalização por gravidade, a presença de uma bolsa de ar também é prejudicial ao bom rendimento de uma instalação de recalque. Podemos observar que será necessário um aumento de pressão h (altura h de coluna de água suplementar a ser elevada) que a bomba deverá fornecer além da pressão H, para compensar o aumento de carga devido à bolsa de ar, sendo o nível hidrostático elevado deste valor. Para uma mesma vazão, o consumo de energia cresce nas mesmas proporções.



1. **Nível hidrostático aumentado**
2. **Nível hidrostático normal**
3. **Bomba**

Por outro lado, quando a eliminação de ar de uma canalização é insuficiente, esses inconvenientes se repetem a cada ponto alto. Seus efeitos se somam e o rendimento da canalização diminui. Esta diminuição é às vezes atribuída erroneamente a outros fatores, tais como a diminuição do rendimento das bombas ou incrustação nos tubos. É suficiente eliminar o ar da canalização de maneira correta para que ela volte a sua capacidade de escoamento normal.

Enfim, grandes bolsas de ar podem ser arrastadas pelo escoamento para fora dos pontos altos. Seu deslocamento, resultará em igual deslocamento de volume de água, provocando então violentos golpes de ariete.

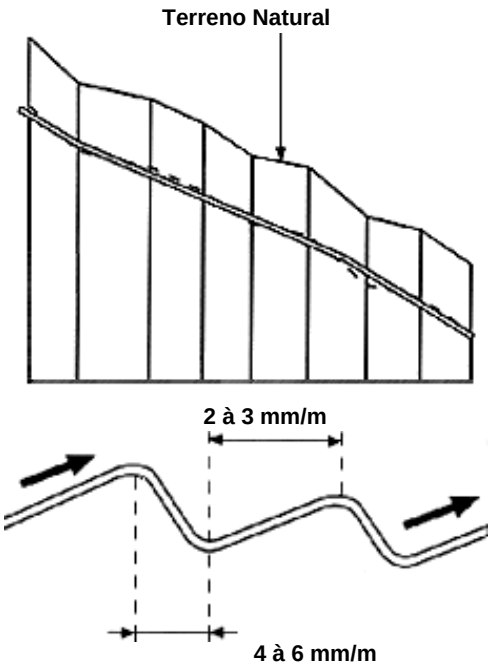
Em conclusão, se o ar acumulado nos pontos altos não for eliminado de uma maneira correta:

- a vazão da água será reduzida,
- a energia será desperdiçada (canalização por recalque),
- golpes de ariete poderão ocorrer.

RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

O traçado da canalização deve ser estabelecido de maneira a facilitar o acúmulo do ar em pontos altos bem determinados, onde serão instalados os aparelhos que assegurarão sua eliminação.
É conveniente tomar as seguintes precauções:

- dar à canalização uma inclinação para facilitar a subida de ar (a canalização ideal é aquela que apresenta inclinação constante de, no mínimo, 2 a 3 mm por metro),
- evitar os excessos de mudanças de inclinações em consequência do perfil do terreno, sobretudo nos grandes diâmetros,
- quando o perfil é horizontal, criar pontos altos e pontos baixos artificiais, para se obter uma inclinação de:
  - 2 a 3 mm/m nos aclives,
  - 4 a 6 mm/m nos declives.



Aconselha-se um traçado com subidas lentas e descidas rápidas, pois isso facilita o acúmulo de ar nos pontos mais altos e opõem-se ao arraste de eventuais bolsas de ar. O traçado inverso é desaconselhado.

Instalar:

- um aparelho de eliminação de ar a cada ponto alto (ventosa),
- um aparelho de drenagem a cada ponto baixo (registro).

GOLPE DE ARIETE

No momento da concepção de uma rede, os riscos eventuais de golpes de ariete devem ser estudados e quantificados, com a finalidade de prever os dispositivos de proteção (segurança) necessários, principalmente nos casos de canalizações que operam por bombeamento (recalque). Nos casos em que os dispositivos de proteção não estão previstos, as canalizações em ferro dúctil apresentam uma reserva de segurança suficiente para suportar as sobrepressões acidentais.Ver **Coeficientes de Segurança**.

Veja a seguir:

- **O fenômeno**
- **Conseqüências**
- **Avaliação simplificada**
- **Avaliação completa**
- **Prevenção**

O FENÔMENO

No momento em que se modifica brutalmente a velocidade de um fluido em movimento numa canalização, acontece uma violenta variação de pressão. Este fenômeno, transitório, é chamado de *golpe de ariete* e aparece geralmente no momento de uma intervenção em um aparelho da rede (bombas, válvulas ...). Ondas de sobrepressão e de subpressão se propagam ao longo da canalização a uma velocidade *a*, chamada velocidade de onda.

Os golpes de ariete podem acontecer também nas canalizações por gravidade. Podemos destacar as quatros principais causas do golpe de ariete:

- a partida e a parada de bombas,
- o fechamento de válvulas, aparelhos de incêndio ou de lavagem,
- a presença de ar,
- a má utilização dos aparelhos de proteção.

CONSEQUÊNCIAS

As sobrepressões podem acarretar, nos casos críticos, a ruptura de certas canalizações que não apresentam coeficientes de segurança suficientes (canalizações em plástico). As subpressões podem originar cavitações perigosas para as canalizações, aparelhos e válvulas, como também o colapso (canalizações em aço ou plástico).

AVALIAÇÃO SIMPLIFICADA

Velocidade da onda:

$$a = \sqrt{\frac{1}{\rho\left(\frac{1}{\varepsilon} + \frac{D}{Ee}\right)}}$$

Sobrepressão-subpressão:

$$\Delta H = \pm a \frac{\Delta V}{g} \quad \textit{(Allievi)}\ (1)$$

$$\Delta H = \pm \frac{2 L \Delta V}{gt} \quad \textit{(Michaud)}\ (2)$$

onde:

a: velocidade da propagação (m/s)

ρ: massa específica da água (1 000 kg/m^3)

$\mathcal{E}$: módulo de elasticidade da água (2,05 × 10^9 N/m^2)

E: modulo de elasticidade do material da canalização (ferro fundido dúctil: 1,7 × 10^{11} N/m^2)

D: diâmetro interno (m)

e: espessura da canalização (m)

ΔV: valor absoluto da variação das velocidades em regime permanente antes e depois do golpe de ariete (m/s)

ΔH: valor absoluto da variação da pressão máxima em torno da pressão estática normal (m.c.a.)

L: comprimento da canalização (m)

t: tempo de fechamento eficaz (s)

g: aceleração da gravidade (9,81 m/s^2)

Na prática, a velocidade da onda da água nos tubos em ferro dúctil é da ordem de 1200 m/s. A fórmula (1) leva em consideração uma variação rápida da velocidade de escoamento:

(t $\leq$ 2L ÷ a)

A fórmula (2) leva em consideração uma variação linear da velocidade de escoamento em função do tempo (função de uma lei de fechamento de uma válvula, por exemplo):

(t $\geq$ 2L ÷ a)

A pressão varia de ± ΔH em torno da pressão estática normal. Este valor é máximo para o fechamento instantâneo de uma válvula, por exemplo.

Estas fórmulas simplificadas dão uma avaliação máxima do golpe de ariete e devem ser utilizadas com prudência. Elas supõem que a canalização não está equipada com dispositivo de proteção e que as perdas de carga são desprezíveis. Por outro lado, não consideram fatores limitantes, como o funcionamento das bombas como turbinas ou a pressão do vapor saturado na subpressão.

Exemplos

Canalização DN 200, K9, comprimento 1 000 m, recalcando a 1,5 m/s: a = 1200 m/s

- **caso nº 1:** parada brusca de uma bomba (perdas de carga desprezíveis, nenhuma proteção anti-golpe de ariete):

  Δ H = ± [(1200 × 1,5) ÷ 9,81] = 183m (ou pouco mais de 1,8 MPa)

- **caso nº 2:** fechamento brusco de uma válvula (tempo eficaz de três segundos):

  Δ H = ± [(2 × 1000 × 1,5) ÷ (9,81 × 3)] = 102m (ou seja pouco mais de 1,0 MPa)

AVALIAÇÃO COMPLETA

O método gráfico de *Bergeron* permite determinar com precisão as pressões e vazões em função do tempo, em todos os pontos de uma canalização submetida a um golpe de ariete. Existem hoje programas de informática adaptados à resolução desses problemas complexos.

PREVENÇÃO

As proteções, necessárias à canalização para limitar um golpe de ariete a um valor admissível, são diferentes e adaptáveis a cada caso. Elas agem seja amenizando a modificação da velocidade do fluido, seja limitando a sobrepressão em relação à depressão.

O projetista deve determinar a amplitude da sobrepressão e da subpressão criada pelo golpe de ariete, e julgar, a partir do perfil da canalização, o tipo de proteção a adotar:

- volante de inércia na bomba,
- válvula de alívio*,
- válvula antecipadora de onda*,
- válvula controladora de bomba*,
- chaminé de equilíbrio,
- tanque de alimentação unidirecional -TAU
- tanque hidropneumático - RHO.

* Ver **Válvulas de Controle**.

Considerações

Nota-se, por outro lado, que as canalizações em ferro dúctil têm uma reserva de segurança significativa:

- **na sobrepressão**: a reserva de segurança dos tubos permite um aumento de 20% da pressão de serviço admissível para as sobrepressões transitórias,
- **na subpressão**: a junta garante a estanqueidade face ao exterior, mesmo em caso de vácuo parcial na canalização.

PERDAS DE CARGA

As perdas de carga são perdas de energia hidráulica essencialmente devidas à viscosidade da água e ao seu atrito com as paredes internas. Elas têm por consequência:

- uma queda de pressão global, em uma rede por gravidade,
- um gasto de energia suplementar com bombeamento, no recalque.

Para escolher o diâmetro de uma canalização em ferro dúctil revestida internamente com argamassa de cimento, adota-se geralmente um coeficiente de rugosidade k= 0,1 mm.

Veja a seguir:

- Fórmulas
- Rugosidade da superfície dos revestimentos internos de argamassa de cimento
- Evolução através dos tempos
- Perdas de carga - Tabelas

FÓRMULAS

Fórmulas de Darcy

A fórmula de ***Darcy*** é a fórmula geral para o cálculo das perdas de carga:

$$j = \frac{\lambda}{D} \times \frac{V^2}{2g} = \frac{8 \lambda Q^2}{\pi^2 g D^5}$$

j: perda de carga (em m de carga do fluido por m de tubo)
λ: coeficiente de atrito, adimensional, determinado pela fórmula de *Colebrook-White*
D: diâmetro interno do tubo (m)
V: velocidade do fluido (m/s)
Q: vazão (m^3/s)
g: aceleração da gravidade (m/s^2).

Fórmula de Colebrook-White

A fórmula de *Colebrook-White* é hoje universalmente utilizada para determinar o coeficiente de atrito λ:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,71 D} \right)$$

Re = VD ÷ μ (Número de *Reynolds*)

μ: viscosidade cinemática do fluido à temperatura de serviço (m^2/s).
k: rugosidade da superfície interna equivalente do tubo(m); observa-se que não é igual à altura real da rugosidade da superfície; é uma dimensão fictícia relativa à rugosidade da superfície, daí o termo *equivalente*.

Os dois termos da função logarítmica correspondem:

- para o primeiro termo **(2,51 ÷ Re $\sqrt{\lambda}$)**, à parte das perdas de carga devidas ao atrito interno do fluido com ele mesmo;

- para o segundo termo **(k ÷ 3,71 D)**, à parte das perdas de carga causadas pelo atrito do fluido com a parede do tubo; para os tubos idealmente lisos (k=0), este termo é nulo e as perdas de carga são simplesmente devidas ao atrito interno do fluido.

Fórmula de Hazen-Williams

A fórmula de *Hazen-Williams*, com o seu fator numérico em unidades métricas, é a seguinte:

$$j = 10{,}643\ Q^{1{,}852} \times C^{-1{,}852} \times D^{-4{,}87}$$

Onde:

Q = vazão (m^3/s)
D = diâmetro interno do tubo (m)
j = perda de carga unitária (m/m)
C = coeficiente que depende da natureza (material e estado) das paredes dos tubos.

RUGOSIDADE DA SUPERFÍCIE DOS REVESTIMENTOS INTERNOS DE ARGAMASSA DE CIMENTO

Os revestimentos internos de argamassa de cimento centrifugado apresentam uma superfície lisa e regular. Uma série de testes foi realizada para avaliar o valor **k** da rugosidade da superfície dos tubos novos revestidos internamente com cimento; foi encontrado um valor médio de 0,03 mm, o que corresponde a uma perda de carga suplementar de 5 a 7%, (conforme o diâmetro do tubo) comparada a um tubo perfeitamente liso com um valor de **k=0** (calculado com uma velocidade de 1 m/s).

Contudo, a rugosidade da superfície equivalente de uma canalização não depende somente da uniformidade da parede do tubo, mas do número de curvas, de tês e de derivações, além das irregularidades do perfil da canalização. A experiência mostra que k = 0,1 mm é um valor razoável para ser adotado no caso de canalização de distribuição de água potável. Nos casos de grandes canalizações, que apresentem um pequeno número de conexões por quilômetro, **k** pode ser ligeiramente inferior (0,06 a 0,08 mm).

A esta altura, três observações podem ser feitas sobre as perdas de carga das canalizações de água funcionando sob pressão:

- as perdas de carga correspondem à energia que é preciso fornecer para que a água circule na canalização; elas são constituídas da **soma de 3 parcelas**:
  - o atrito da água com ela mesma (ligado a sua viscosidade)
  - o atrito da água com a parede do tubo (ligado à rugosidade)
  - as modificações locais de escoamento (curvas, juntas ....)
- é o atrito da água com ela mesma (parcela a) que constitui na prática o essencial das perdas de carga; o atrito da água com as paredes (parcela b), que só depende do tipo de tubo, é bem menor: pouco mais de 7% da parcela a para um tubo de ferro fundido cimentado (k=0,03 mm).
- o diâmetro interno real da canalização tem uma influência considerável:
  - para uma dada vazão (caso geral), cada 1% a menos no diâmetro, corresponde a 5% a mais nas perdas de carga
  - para uma determinada carga (condução por gravidade), cada 1% a menos no diâmetro, corresponde a 2,5% a menos de vazão obtida.

EVOLUÇÃO ATRAVÉS DO TEMPO

Uma série de pesquisas feitas nos Estados Unidos sobre as canalizações antigas e recentes em ferro fundido, revestidas internamente com argamassa de cimento, revelou valores de **C** (segundo a fórmula de *Hazen-Williams*) para uma larga gama de diâmetros de tubos e de tempo de serviço.

O quadro abaixo mostra esses resultados e dá valores de **C** convertidos em valores equivalentes de **k** (na fórmula de *Coolebrook-White*).

Observação

Em alguns casos de transporte de água bruta a baixa vazão, a experiência mostra que qualquer que seja a natureza do material da canalização, é preciso prever um aumento de **k** no decorrer do tempo.

Estes resultados referem-se a diferentes tipos de revestimentos internos de cimento, e de águas provenientes de zonas geográficas muito diversas.

Pode-se concluir que:

- as canalizações revestidas internamente com argamassa de cimento asseguram uma grande capacidade de vazão constante ao longo do tempo,
- um valor global de **k=0,1 mm** constitui uma hipótese razoável e segura para o cálculo das perdas de carga, a longo prazo, dos tubos revestidos internamente com argamassa de cimento e destinados ao transporte de água potável.

DN	Ano de Instalação	Idade na ocasião da medição anos	Valor do coeficiente C (Hazen-Williams)	Valor de k Collebrook-White mm
150	1941	0	145	0,025
		12	146	0,019
		16	143	0,060
250	1925	16	134	0,148
		32	135	0,135
		39	138	0,098
300	1928	13	134	0,160
		29	137	0,119
		36	146	0,030
300	1928	13	143	0,054
		29	140	0,075
		36	140	0,075
700	1939	19	148	0,027
		25	146	0,046
700	1944	13	148	0,027
		20	146	0,046

(Journal AWWA - Junho 1974)

PERDAS DE CARGA (TABELAS)

Tabelas de perdas de carga estabelecidas para canalizações de ferro fundido dúctil revestidas internamente com argamassa de cimento, são apresentadas nas páginas seguintes.

Hipóteses de cálculos consideradas:

- canalização cheia de água,
- DN 80 a 1200,
- coeficiente de rugosidade: **k** = 0,03 mm e 0,1 mm,
- viscosidade cinemática da água: ν = 1,01 x 10^{-6} m^2/s,
- temperatura da água: **T** = 20° C.

Veja as tabelas de **Perdas de Carga**:

- **DN 80 a 150**
- **DN 200 a 300**
- **DN 350 a 450**
- **DN 500 a 700**
- **DN 800 e 900**
- **DN 1000 e 1200**
- **DN 1400 a 1600**
- **DN 1800 e 2000**

DN 80 A 150 PERDAS DE CARGA

Velocidade	DN 80			DN 100			DN 150		
	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,1mm	Vazão	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,1mm	Vazão	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,1mm	Vazão
m/s	m/km	m/km	l/s	m/km	m/km	l/s	m/km	m/km	l/s
0,30	1,47	1,66	1,51	1,12	1,19	2,36	0,67	0,72	5,30
0,35	1,94	2,19	1,76	1,47	1,58	2,75	0,89	0,95	6,19
0,40	2,46	2,79	2,01	1,87	2,02	3,14	1,13	1,22	7,07
0,45	3,04	3,46	2,26	2,30	2,52	3,53	1,40	1,52	7,95
0,50	3,67	4,20	2,51	2,79	3,06	3,93	1,70	1,85	8,84
0,55	4,36	5,00	2,76	3,32	3,66	4,32	2,02	2,21	9,72
0,60	5,14	5,91	3,02	3,89	4,31	4,71	2,37	2,60	10,60
0,65	5,94	6,85	3,27	4,51	5,01	5,11	2,74	3,02	11,49
0,70	6,79	7,86	3,52	5,16	5,76	5,50	3,14	3,48	12,37
0,75	7,70	8,94	3,77	5,85	6,56	5,89	3,56	3,96	13,25
0,80	8,66	10,08	4,02	6,58	7,41	6,28	4,01	4,48	14,14
0,85	9,67	11,29	4,27	7,37	8,31	6,68	4,49	5,02	15,02
0,90	10,73	12,56	4,52	8,18	9,26	7,07	4,98	5,60	15,90
0,95	11,89	13,96	4,78	9,03	10,26	7,46	5,51	6,20	16,79
1,00	13,07	15,37	5,03	9,92	11,31	7,85	6,05	6,84	17,67
1,05	14,29	16,84	5,28	10,87	12,42	8,25	6,63	7,51	18,56
1,10	15,56	18,38	5,53	11,84	13,57	8,64	7,22	8,21	19,44
1,15	16,89	19,99	5,78	12,85	14,77	9,03	7,84	8,94	20,32
1,20	18,27	21,67	6,03	13,89	16,03	9,42	8,49	9,69	21,21
1,25	19,70	23,40	6,28	15,01	17,33	9,82	9,16	10,48	22,09
1,30	21,18	25,21	6,53	16,14	18,69	10,21	9,85	11,30	22,97
1,35	22,77	27,16	6,79	17,30	20,09	10,60	10,58	12,15	23,86
1,40	24,35	29,10	7,04	18,54	21,55	11,00	11,31	13,04	24,74
1,45	25,99	31,10	7,29	19,78	23,05	11,39	12,08	13,95	25,62
1,50	27,68	33,17	7,54	21,06	24,61	11,78	12,87	14,89	26,51
1,55	29,41	35,31	7,79	22,38	26,21	12,17	13,68	15,89	27,39
1,60	31,20	37,51	8,04	23,78	27,87	12,57	14,52	16,86	28,27
1,65	33,04	39,78	8,29	25,18	29,58	12,96	15,39	17,90	29,16
1,70	35,00	42,20	8,55	26,62	31,33	13,35	16,27	18,96	30,04
1,75	36,95	44,60	8,80	28,09	33,14	13,74	17,19	20,05	30,93
1,80	38,94	47,07	9,05	29,65	35,00	14,14	18,12	21,18	31,81
1,85	40,98	49,60	9,30	31,20	36,90	14,53	19,07	22,33	32,69
1,90	43,07	52,20	9,55	32,79	38,86	14,92	20,06	23,52	33,58
1,95	45,22	54,87	9,80	34,47	40,87	15,32	21,06	24,73	34,46
2,00	47,41	57,59	10,05	36,14	42,93	15,71	22,09	25,98	35,34
2,05	49,65	60,39	10,30	37,85	45,03	16,10	23,15	27,25	36,23
2,10	52,04	63,67	10,56	39,59	47,19	16,49	24,22	28,56	37,11
2,15	54,39	66,29	10,81	41,42	49,40	16,89	25,32	29,90	37,99
2,20	56,78	69,29	11,06	43,25	51,66	17,28	26,45	31,26	38,88
2,25	59,23	72,35	11,31	45,11	53,97	17,67	27,59	32,66	39,76
2,30	61,73	75,47	11,56	47,01	56,32	18,06	28,76	34,09	40,64
2,35	64,27	78,66	11,81	48,99	58,73	18,46	29,97	35,55	41,53
2,40	66,87	81,92	12,06	50,97	61,19	18,85	31,18	37,04	42,41
2,45	69,63	85,37	12,32	52,99	63,70	19,24	32,43	38,56	43,30
2,50	72,32	88,76	12,57	55,10	66,26	19,64	33,69	40,10	44,18
2,55	75,07	92,22	12,82	57,19	68,87	20,03	34,98	41,68	45,06
2,60	77,87	95,74	13,07	59,32	71,53	20,42	36,30	43,29	45,95
2,65	80,72	99,32	13,32	61,49	74,24	20,81	37,78	44,93	46,83
2,70	83,62	102,97	13,57	63,75	77,00	21,21	38,99	46,61	47,71
2,75	86,57	106,69	13,82	65,99	79,81	21,60	40,38	48,31	48,60
2,80	89,57	110,47	14,07	68,28	82,67	21,99	41,78	50,04	49,48
2,85	92,74	114,48	14,33	70,60	85,58	22,38	43,21	51,80	50,36

2,90	95,84	118,39	14,58	73,02	88,54	22,78	44,68	53,59	51,25
2,95	98,99	122,37	14,83	75,42	91,55	23,17	46,15	55,41	52,13
3,00	102,19	126,42	15,08	77,85	94,61	23,56	47,64	57,27	53,01

DN 200 A 300 PERDAS DE CARGA

Velocidade	DN 200			DN 250			DN 300		
	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,1mm	Vazão	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,1mm	Vazão	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,1mm	Vazão
m/s	m/km	m/km	l/s	m/km	m/km	l/s	m/km	m/km	l/s
0,30	0,47	0,50	9,42	0,36	0,38	14,73	0,29	0,31	21,21
0,35	0,63	0,67	11,00	0,47	0,51	17,18	0,38	0,41	24,74
0,40	0,80	0,86	12,57	0,60	0,65	19,63	0,48	0,52	28,27
0,45	0,99	1,06	14,14	0,75	0,81	22,09	0,60	0,65	31,81
0,50	1,20	1,30	15,71	0,91	0,99	24,54	0,73	0,79	35,34
0,55	1,42	1,55	17,28	1,08	1,18	27,00	0,87	0,94	38,88
0,60	1,62	1,82	18,55	1,27	1,39	29,45	1,02	1,11	42,41
0,65	1,93	2,12	20,42	1,47	1,61	31,91	1,18	1,29	45,95
0,70	2,21	2,44	21,99	1,69	1,86	34,36	1,35	1,48	49,48
0,75	2,51	2,78	23,56	1,92	2,11	36,82	1,54	1,69	53,01
0,80	2,83	3,14	25,13	2,16	2,39	39,27	1,73	1,91	56,55
0,85	3,16	3,52	26,70	2,41	2,68	41,72	1,94	2,15	60,08
0,90	3,52	3,93	28,27	2,68	2,99	44,18	2,15	2,39	63,62
0,95	3,89	4,35	29,85	2,97	3,31	46,63	2,38	2,65	67,15
1,00	4,27	4,80	31,42	3,26	3,65	49,09	2,62	2,92	70,69
1,05	4,68	5,27	32,99	3,57	4,01	51,54	2,87	3,21	74,22
1,10	5,10	5,76	34,56	3,89	4,38	54,00	3,13	3,51	77,75
1,15	5,54	6,27	36,13	4,23	4,77	56,45	3,40	3,82	81,29
1,20	6,00	6,80	37,70	4,58	5,18	58,90	3,68	4,15	84,82
1,25	6,47	7,36	39,27	4,94	5,60	61,36	3,97	4,48	88,36
1,30	6,96	7,93	40,84	5,32	6,04	63,81	4,27	4,84	91,89
1,35	7,47	8,53	42,41	5,71	6,49	66,27	4,59	5,20	95,43
1,40	7,99	9,15	43,98	6,11	6,96	68,72	4,91	5,58	98,96
1,45	8,53	9,79	45,55	6,52	7,45	71,18	5,24	5,97	102,49
1,50	9,09	10,45	47,12	6,95	7,96	73,63	5,58	6,37	106,03
1,55	9,67	11,13	48,69	7,39	8,48	76,09	5,94	6,79	109,56
1,60	10,26	11,84	50,27	7,84	9,01	78,54	6,31	7,22	113,10
1,65	10,87	12,56	51,84	8,31	9,56	80,99	6,68	7,66	116,63
1,70	11,50	13,31	53,41	8,79	10,13	83,45	7,07	8,11	120,17
1,75	12,14	14,08	54,98	9,29	10,72	85,90	7,46	8,58	123,70
1,80	12,81	14,87	56,55	9,79	11,32	88,36	7,87	9,06	127,23
1,85	13,48	15,68	58,12	10,31	11,94	90,81	8,29	9,56	130,77
1,90	14,18	16,51	59,69	10,84	12,57	93,27	8,72	10,07	134,30
1,95	14,89	17,37	61,26	11,39	13,22	95,72	9,15	10,59	137,84
2,00	15,62	18,24	62,83	11,95	13,88	98,18	9,60	11,12	141,37
2,05	16,36	19,14	64,40	12,52	14,57	100,63	10,06	11,67	144,91
2,10	17,12	20,05	65,97	13,10	15,27	103,08	10,53	12,23	148,44
2,15	17,90	20,99	67,54	13,69	15,98	105,54	11,01	12,80	151,98
2,20	18,70	21,95	69,12	14,30	16,71	107,99	11,50	13,38	155,51
2,25	19,51	22,93	70,69	14,93	17,46	110,45	12,00	13,98	159,04
2,30	20,34	23,94	72,26	15,56	18,22	112,90	12,51	14,59	162,58
2,35	21,19	24,96	73,83	16,21	19,00	115,36	13,03	15,22	166,11
2,40	22,05	26,01	75,40	16,87	19,80	117,81	13,56	15,86	169,65
2,45	22,93	27,07	76,97	17,54	20,61	120,26	14,11	16,51	173,18
2,50	23,82	28,16	78,54	18,23	21,44	122,72	14,66	17,17	176,72
2,55	24,74	29,27	80,11	18,93	22,28	125,17	15,22	17,85	180,25
2,60	25,67	30,40	81,68	19,64	23,14	127,63	15,79	18,54	183,78
2,65	26,61	31,55	83,25	20,36	24,02	130,08	16,38	19,24	187,32
2,70	27,56	32,73	84,82	21,10	24,91	132,54	16,97	19,95	190,85
2,75	28,55	33,92	86,39	21,85	25,82	134,99	17,57	20,68	194,39
2,80	29,55	35,14	87,96	22,62	26,75	137,45	18,19	21,43	197,92
2,85	30,57	36,38	89,54	23,39	27,69	139,90	18,81	22,18	201,46

2,90	31,60	37,63	91,11	24,18	28,65	142,35	19,44	22,95	204,99
2,95	32,64	38,91	92,68	24,98	29,62	144,81	20,09	23,73	208,52
3,00	33,71	40,21	94,25	25,79	30,62	147,26	20,74	24,52	212,06

DN 350 A 450 PERDAS DE CARGA

Velocidade	DN 350			DN 400			DN 450		
	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,1mm	Vazão	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,1mm	Vazão	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,1mm	Vazão
m/s	m/km	m/km	l/s	m/km	m/km	l/s	m/km	m/km	l/s
0,30	0,24	0,25	28,86	0,20	0,21	37,30	0,18	0,19	47,71
0,35	0,32	0,34	33,67	0,27	0,29	43,98	0,23	0,25	55,67
0,40	0,40	0,43	38,48	0,34	0,37	50,27	0,30	0,32	63,62
0,45	0,50	0,54	43,30	0,43	0,46	56,55	0,37	0,40	71,57
0,50	0,61	0,65	48,11	0,52	0,56	62,83	0,45	0,48	79,52
0,55	0,72	0,78	52,92	0,62	0,66	69,12	0,54	0,58	87,47
0,60	0,85	0,92	57,73	0,72	0,78	75,40	0,63	0,68	95,43
0,65	0,98	1,07	62,54	0,84	0,91	81,68	0,73	0,79	103,38
0,70	1,13	1,23	67,35	0,96	1,05	87,96	0,83	0,91	111,33
0,75	1,28	1,40	72,16	1,09	1,19	94,25	0,95	1,03	119,28
0,80	1,44	1,59	76,97	1,23	1,35	100,53	1,07	1,17	127,23
0,85	1,61	1,78	81,78	1,37	1,51	106,81	1,19	1,31	135,19
0,90	1,80	1,98	86,59	1,53	1,69	113,10	1,33	1,46	143,14
0,95	1,98	2,20	91,40	1,69	1,87	119,38	1,47	1,62	151,09
1,00	2,18	2,42	96,21	1,86	2,06	125,66	1,61	1,79	159,04
1,05	2,39	2,66	101,02	2,03	2,26	131,95	1,77	1,96	167,00
1,10	2,60	2,91	105,83	2,22	2,47	138,23	1,93	2,15	174,95
1,15	2,83	3,17	110,64	2,41	2,70	144,51	2,09	2,34	182,90
1,20	3,06	3,44	115,45	2,61	2,92	150,80	2,27	2,54	190,85
1,25	3,34	3,72	120,96	2,82	3,16	157,08	2,45	2,74	198,80
1,30	3,55	4,01	125,07	3,03	3,41	163,36	2,63	2,96	206,76
1,35	3,81	4,31	129,89	3,25	3,67	169,65	2,83	3,18	214,71
1,40	4,00	4,62	134,70	3,48	3,93	175,93	3,03	3,41	222,66
1,45	4,36	4,95	139,51	3,72	4,21	182,21	3,23	3,65	230,61
1,50	4,65	5,28	144,32	3,96	4,49	188,50	3,45	3,90	238,57
1,55	4,94	5,63	149,13	4,22	4,79	194,78	3,66	4,15	246,32
1,60	5,25	5,98	153,94	4,47	5,09	201,06	3,89	4,42	254,47
1,65	5,56	6,35	158,75	4,74	5,40	207,35	4,12	4,69	262,42
1,70	5,88	6,73	163,56	5,02	5,72	213,63	4,36	4,96	270,37
1,75	6,21	7,12	168,37	5,30	6,05	219,91	4,60	5,25	278,33
1,80	6,55	7,52	173,18	5,59	6,39	226,20	4,86	5,55	286,28
1,85	6,89	7,93	177,99	5,88	6,74	232,48	5,11	5,85	294,23
1,90	7,25	8,35	182,80	6,19	7,10	238,76	5,38	6,16	302,18
1,95	7,62	8,78	187,61	6,50	7,47	245,04	5,65	6,48	310,14
2,00	7,99	9,22	192,42	6,82	7,85	251,33	5,93	6,80	318,09
2,05	8,38	9,68	197,33	7,14	8,23	257,61	6,21	7,14	326,04
2,10	8,76	10,14	202,04	7,47	8,63	263,89	6,50	7,48	333,99
2,15	9,16	10,61	206,86	7,82	9,03	270,18	6,79	7,83	341,94
2,20	9,57	11,10	211,67	8,16	9,44	276,46	7,10	8,19	349,90
2,25	9,99	11,60	216,48	8,52	9,87	282,74	7,41	8,56	357,85

2,30	10,41	12,10	221,29	8,88	10,30	289,03	7,72	8,93	365,80
2,35	10,84	12,62	226,10	9,25	10,74	295,31	8,04	9,31	373,75
2,40	11,29	13,15	230,91	9,63	11,19	301,59	8,37	9,70	381,71
2,45	11,74	13,69	235,72	10,01	11,65	307,88	8,71	10,10	389,66
2,50	12,20	14,24	240,53	10,41	12,12	314,16	9,05	10,51	397,61
2,55	12,67	14,80	245,34	10,81	12,59	320,44	9,40	10,92	405,56
2,60	13,14	15,37	250,15	11,21	13,08	326,73	9,75	11,35	413,51
2,65	13,63	15,96	254,96	11,63	13,58	333,01	10,11	11,78	421,47
2,70	14,12	16,55	259,77	12,05	14,08	339,29	10,48	12,21	429,42
2,75	14,62	17,15	264,58	12,48	14,59	345,58	10,85	12,66	437,37
2,80	15,14	17,77	269,39	12,91	15,12	351,86	11,23	13,11	445,32
2,85	15,65	18,40	274,20	13,36	15,65	358,14	11,61	13,58	453,28
2,90	16,18	19,03	279,01	13,81	16,19	364,43	12,04	14,02	461,83
2,95	16,72	19,68	283,82	14,26	16,74	370,71	12,40	14,52	469,18
3,00	17,27	20,34	288,64	14,73	17,30	376,99	12,81	15,01	477,13

DN 500 A 700 PERDAS DE CARGA

Velocidade	DN 500			DN 600			DN 700		
	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,1mm	Vazão	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,1mm	Vazão	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,1mm	Vazão
m/s	m/km	m/km	l/s	m/km	m/km	l/s	m/km	m/km	l/s
0,30	0,16	0,16	58,90	0,13	0,13	84,82	0,10	0,11	115,45
0,35	0,21	0,22	68,72	0,17	0,17	98,96	0,14	0,14	134,70
0,40	0,26	0,28	78,54	0,21	0,22	113,10	0,18	0,19	153,94
0,45	0,33	0,35	88,36	0,26	0,28	127,23	0,22	0,23	173,18
0,50	0,40	0,42	98,17	0,32	0,34	141,37	0,27	0,28	192,42
0,55	0,47	0,51	107,99	0,38	0,41	155,51	0,32	0,34	211,67
0,60	0,55	0,60	117,81	0,45	0,48	169,65	0,37	0,40	230,91
0,65	0,64	0,69	127,63	0,52	0,56	183,78	0,43	0,46	250,15
0,70	0,74	0,80	137,44	0,59	0,64	197,92	0,49	0,53	269,39
0,75	0,84	0,91	147,26	0,67	0,73	212,06	0,56	0,61	288,63
0,80	0,94	1,03	157,08	0,76	0,83	226,20	0,63	0,69	307,88
0,85	1,05	1,16	166,90	0,85	0,93	240,33	0,71	0,77	327,12
0,90	1,17	1,29	176,71	0,94	1,03	254,47	0,78	0,86	346,36
0,95	1,29	1,43	186,53	1,04	1,15	268,61	0,87	0,95	365,60
1,00	1,42	1,57	196,35	1,15	1,26	282,74	0,96	1,05	384,85
1,05	1,56	1,73	206,17	1,26	1,39	296,88	1,05	1,15	404,09
1,10	1,70	1,89	215,98	1,37	1,52	311,02	1,14	1,26	423,33
1,15	1,85	2,06	225,80	1,49	1,65	325,16	1,24	1,37	442,57
1,20	2,00	2,23	235,62	1,61	1,79	339,29	1,34	1,49	461,82
1,25	2,16	2,42	245,44	1,74	1,94	353,43	1,45	1,61	481,06
1,30	2,32	2,60	255,26	1,87	2,09	367,57	1,56	1,74	500,30
1,35	2,49	2,80	265,07	2,01	2,25	381,70	1,67	1,87	519,54
1,40	2,67	3,00	274,89	2,15	2,41	395,84	1,79	2,01	538,03
1,45	2,85	3,22	284,71	2,30	2,58	409,98	1,92	2,15	558,03
1,50	3,04	3,43	294,53	2,45	2,76	424,12	2,04	2,29	577,27
1,55	3,23	3,66	304,34	2,60	2,94	438,25	2,17	2,44	596,51
1,60	3,43	3,89	314,16	2,76	3,12	452,39	2,30	2,60	615,75
1,65	3,64	4,13	323,98	2,93	3,31	466,53	2,44	2,75	635,00
1,70	3,85	4,37	333,80	3,10	3,51	480,67	2,58	2,92	654,24
1,75	4,06	4,63	343,61	3,27	3,71	494,80	2,73	3,09	673,48
1,80	4,28	4,88	353,43	3,45	3,92	508,94	2,88	3,26	692,72
1,85	4,51	5,15	363,25	3,64	4,14	523,08	3,03	3,44	711,97
1,90	4,75	5,42	373,07	3,82	4,36	537,21	3,19	3,62	731,21
1,95	4,98	5,71	382,88	4,02	4,58	551,35	3,35	3,81	750,45
2,00	5,23	5,99	392,70	4,21	4,81	565,49	3,51	4,00	769,69
2,05	5,48	6,29	402,52	4,41	5,05	579,63	3,68	4,20	788,94
2,10	5,73	6,59	412,34	4,62	5,29	593,76	3,85	4,40	808,18
2,15	6,00	6,90	422,15	4,83	5,54	607,90	4,03	4,61	827,42
2,20	6,26	7,21	431,97	5,05	5,79	622,04	4,21	4,82	846,66
2,25	6,54	7,54	441,79	5,27	6,05	636,17	4,39	5,03	865,90
2,30	6,81	7,87	451,61	5,49	6,32	650,31	4,58	5,25	885,15
2,35	7,10	8,20	461,42	5,72	6,59	664,45	4,77	5,48	904,39
2,40	7,39	8,55	471,24	5,95	6,86	678,59	4,96	5,71	923,63
2,45	7,68	8,90	481,06	6,19	7,15	692,72	5,16	5,94	942,87
2,50	7,99	9,26	490,88	6,44	7,43	706,86	5,36	6,18	962,12
2,55	8,29	9,62	500,69	6,68	7,73	721,00	5,57	6,42	981,36
2,60	8,60	9,99	510,51	6,93	8,03	735,14	5,78	6,67	1000,60
2,65	8,92	10,37	520,33	7,19	8,33	749,27	5,99	6,92	1019,84
2,70	9,25	10,76	530,15	7,45	8,64	763,41	6,21	7,18	1039,09
2,75	9,57	11,15	539,96	7,72	8,96	777,55	6,43	7,44	1058,33
2,80	9,91	11,55	549,78	7,99	9,28	791,68	6,66	7,71	1077,57
2,85	10,25	11,96	559,60	8,26	9,60	805,82	6,89	7,98	1096,81

2,90	10,60	12,37	569,42	8,54	9,94	819,96	7,12	8,26	1116,06
2,95	10,95	12,79	579,23	8,82	10,27	834,10	7,36	8,54	1135,30
3,00	11,30	13,22	589,05	9,11	10,62	848,23	7,60	8,83	1154,54

DN 800 E 900 PERDAS DE CARGA

Velocidade	DN 800			DN 900		
	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,1mm	Vazão	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,1mm	Vazão
m/s	m/km	m/km	l/s	m/km	m/km	l/s
0,30	0,09	0,09	150,80	0,08	0,08	190,85
0,35	0,12	0,12	175,93	o,10	0,11	222,66
0,40	0,15	0,16	201,06	0,13	0,14	254,47
0,45	0,19	0,20	226,20	0,16	0,17	286,28
0,50	0,23	0,24	251,33	0,20	0,21	318,09
0,55	0,27	0,29	276,46	0,23	0,25	349,90
0,60	0,32	0,34	301,59	0,28	0,29	381,70
0,65	0,37	0,39	326,73	0,32	0,34	413,51
0,70	0,42	0,45	351,86	0,37	0,39	445,35
0,75	0,48	0,52	376,99	0,42	0,45	477,13
0,80	0,54	0,58	402,12	0,47	0,51	508,94
0,85	0,60	0,66	427,26	0,52	0,57	540,75
0,90	0,67	0,73	452,39	0,58	0,64	572,56
0,95	0,74	0,81	477,52	0,64	0,71	604,36
1,00	0,82	0,90	502,66	0,71	0,78	636,17
1,05	0,89	0,98	527,79	0,78	0,85	667,98
1,10	0,97	1,07	552,92	0,85	0,93	699,79
1,15	1,06	1,17	578,05	0,92	1,02	731,60
1,20	1,15	1,27	603,19	1,00	1,10	763,41
1,25	1,24	1,37	628,32	1,08	1,19	795,22
1,30	1,33	1,48	653,45	1,16	1,29	827,03
1,35	1,43	1,59	678,59	1,24	1,38	858,83
1,40	1,53	1,71	703,72	1,33	1,48	890,64
1,45	1,63	1,83	728,85	1,42	1,59	922,45
1,50	1,74	1,95	753,98	1,52	1,70	954,26
1,55	1,85	2,08	779,12	1,61	1,81	986,07
1,60	1,97	2,21	804,25	1,71	1,92	1017,88
1,65	2,09	2,35	829,38	1,82	2,04	1049,69
1,70	2,21	2,49	854,52	1,92	2,18	1081,50
1,75	2,33	2,63	879,65	2,03	2,29	1113,31
1,80	2,46	2,78	904,78	2,14	2,41	1145,11
1,85	2,58	2,93	929,91	2,25	2,55	1176,92
1,90	2,72	3,09	955,05	2,37	2,68	1208,73
1,95	2,86	3,25	980,18	2,49	2,82	1240,54
2,00	3,00	3,41	1005,31	2,61	2,96	1272,35
2,05	3,14	3,58	1030,45	2,74	3,11	1304,16
2,10	3,29	3,75	1055,58	2,86	3,26	1335,97
2,15	3,44	3,93	1080,71	3,00	3,41	1367,78
2,20	3,59	4,10	1105,84	3,13	3,57	1399,59
2,25	3,75	4,29	1130,98	3,27	3,73	1431,39
2,30	3,91	4,48	1156,11	3,40	3,89	1463,20
2,35	4,07	4,67	1181,24	3,55	4,06	1495,01
2,40	4,24	4,86	1206,38	3,69	4,23	1,526,82
2,45	4,41	5,06	1231,51	3,84	4,40	1558,64
2,50	4,58	5,27	1256,64	3,99	4,58	1590,44
2,55	4,76	5,47	1281,77	4,14	4,76	1622,25
2,60	4,94	5,69	1306,91	4,30	4,94	1654,06
2,65	5,12	5,90	1332,04	4,46	5,13	1685,86
2,70	5,31	6,12	1357,17	4,62	5,32	1717,67
2,75	5,50	6,35	1382,31	4,79	5,51	1749,48
2,80	5,69	6,57	1407,44	4,95	5,71	1781,29
2,85	5,89	6,80	1432,57	5,12	5,91	1813,10

2,90	6,08	7,04	1457,71	5,30	6,12	1844,91
2,95	6,29	7,28	1482,84	5,47	6,32	1876,72
3,00	6,49	7,52	1507,97	5,65	6,54	1908,53

DN 1000 E 1200 PERDAS DE CARGA

Velocidade	DN 1000			DN 1200		
	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,1mm	Vazão	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,1mm	Vazão
m/s	m/km	m/km	l/s	m/km	m/km	l/s
0,30	0,07	0,07	235,62	0,06	0,06	339,29
0,35	0,09	0,09	274,89	0,07	0,08	395,84
0,40	0,12	0,12	314,16	0,09	0,10	452,39
0,45	0,14	0,15	353,43	0,11	0,12	508,94
0,50	0,17	0,18	392,70	0,14	0,15	565,49
0,55	0,21	0,22	431,97	0,17	0,18	622,04
0,60	0,24	0,26	471,24	0,20	0,21	678,58
0,65	0,28	0,30	510,51	0,23	0,24	735,13
0,70	0,32	0,35	549,78	0,26	0,28	791,68
0,75	0,37	0,40	589,05	0,30	0,32	848,23
0,80	0,41	0,45	628,32	0,33	0,36	904,78
0,85	0,46	0,50	667,59	0,37	0,40	961,33
0,90	0,51	0,56	706,86	0,41	0,45	1017,88
0,95	0,57	0,62	746,13	0,46	0,50	1074,43
1,00	0,63	0,69	785,40	0,51	0,55	1130,97
1,05	0,69	0,75	824,67	0,55	0,61	1187,52
1,10	0,75	0,82	863,94	0,60	0,66	1244,07
1,15	0,81	0,90	903,21	0,66	0,72	1300,62
1,20	0,88	0,97	942,48	0,71	0,78	1357,17
1,25	0,95	1,05	981,75	0,77	0,85	1413,72
1,30	1,02	1,14	1021,02	0,83	0,91	1470,27
1,35	1,10	1,22	1060,29	0,89	0,98	1526,82
1,40	1,18	1,31	1099,56	0,95	1,05	1583,37
1,45	1,26	1,40	1138,83	1,01	1,13	1636,92
1,50	1,34	1,50	1178,10	1,08	1,20	1696,46
1,55	1,43	1,59	1217,37	1,15	1,28	1753,01
1,60	1,51	1,69	1256,64	1,22	1,36	1809,56
1,65	1,60	1,80	1295,91	1,29	1,45	1966,11
1,70	1,70	1,91	1335,18	1,37	1,53	1922,66
1,75	1,79	2,02	1374,45	1,45	1,62	1979,21
1,80	1,89	2,13	1413,72	1,53	1,71	2035,76
1,85	1,99	2,25	1452,99	1,61	1,81	2092,31
1,90	2,09	2,37	1492,26	1,69	1,90	2148,86
1,95	2,20	2,49	1531,53	1,78	2,00	2205,41
2,00	2,31	2,61	1570,80	1,86	2,10	2261,95
2,05	2,42	2,74	1610,07	1,95	2,21	2318,50
2,10	2,51	2,87	1649,34	2,04	2,31	2375,05
2,15	2,65	3,01	1688,61	2,14	2,42	2431,60
2,20	2,76	3,15	1727,88	2,23	2,53	2488,15
2,25	2,89	3,29	1767,15	2,33	2,65	2544,70
2,30	3,01	3,43	1806,42	2,43	2,76	2601,25
2,35	3,13	3,58	1845,69	2,53	2,88	2657,80
2,40	3,26	3,73	1884,96	2,63	3,00	2714,35
2,45	3,39	3,88	1924,23	2,74	3,12	2770,90
2,50	3,53	4,04	1963,50	2,85	3,25	2827,45
2,55	3,66	4,20	2002,77	2,96	3,38	2883,99
2,60	3,80	4,36	2042,04	3,07	3,51	2940,54
2,65	3,94	4,52	2081,31	3,18	3,64	2997,09
2,70	4,08	4,69	2120,58	3,30	3,78	3053,64
2,75	4,23	4,86	2159,85	3,42	3,91	3110,19
2,80	4,37	5,04	2199,12	3,53	4,06	3166,74
2,85	4,53	5,21	2238,39	3,66	4,20	3223,29

2,90	4,68	5,39	2277,67	3,80	4,34	3279,84
2,95	4,84	5,58	2316,93	3,91	4,49	3336,39
3,00	4,99	5,77	2356,21	4,03	4,64	3392,93

DN 1400 A 1600 PERDAS DE CARGA

Velocidade	DN 1400			DN 1500			DN 1600		
	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k= 0,1mm	Vazão	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k= 0,1mm	Vazão	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k= 0,1mm	Vazão
m/s	m/km	m/km	l/s	m/km	m/km	l/s	m/km	m/km	l/s
0,30	0,05	0,05	461,82	0,04	0,05	530,15	0,04	0,04	603,19
0,35	0,06	0,07	538,78	0,06	0,06	618,50	0,05	0,06	703,72
0,40	0,08	008	615,75	0,07	0,08	706,86	0,06	0,07	804,25
0,45	0,10	0,10	692,72	0,09	0,10	795,22	0,08	0,09	904,28
0,50	0,12	0,13	769,69	0,11	0,12	883,58	0,10	0,11	1005,31
0,55	0,14	0,15	846,66	0,13	0,14	971,93	0,12	0,13	1105,84
0,60	0,17	0,18	923,63	0,16	0,17	1060,29	0,14	0,15	1206,37
0,65	0,20	0,21	1000,60	0,18	0,19	1148,65	0,17	0,18	1306,91
0,70	0,23	0,24	1077,57	0,21	0,22	1237,01	0,19	0,20	1407,44
0,75	0,26	0,27	1154,54	0,24	0,25	1325,36	0,22	0,23	1507,97
0,80	0,29	0,31	1231,51	0,27	0,28	1413,72	0,25	0,26	1608,50
0,85	0,32	0,35	1308,48	0,30	0,32	1502,08	0,28	0,30	1709,03
0,90	0,36	0,39	1385,43	0,33	0,36	1590,44	0,31	0,33	1809,56
0,95	0,40	0,43	1462,41	0,36	0,39	1678,79	0,34	0,36	1910,09
1,00	0,44	0,47	1539,38	0,40	0,43	1767,15	0,37	0,40	2010,62
1,05	0,48	0,52	1616,35	0,44	0,48	1855,51	0,41	0,44	2111,16
1,10	0,52	0,56	1693,32	0,48	0,52	1943,87	0,45	0,48	2211,69
1,15	0,57	0,61	1770,29	0,52	0,57	2032,22	0,48	0,52	2312,22
1,20	0,61	0,67	1847,26	0,57	0,61	2120,58	0,52	0,57	2412,75
1,25	0,66	0,72	1924,23	0,61	0,66	2208,94	0,57	0,61	2513,28
1,30	0,71	0,77	2001,20	0,66	0,72	2297,30	0,61	0,66	2613,81
1,35	0,76	0,83	2078,17	0,71	0,77	2385,65	0,65	0,71	2714,34
1,40	0,82	0,89	2155,14	0,75	0,82	2474,01	0,70	0,76	2814,87
1,45	0,87	0,96	2232,11	0,81	0,88	2562,37	0,75	0,82	2915,40
1,50	0,93	1,02	2309,08	0,86	0,94	2650,73	0,80	0,87	3015,94
1,55	0,99	1,09	2386,05	0,91	1,00	2739,08	0,85	0,93	3116,47
1,60	1,05	1,16	2463,01	0,97	1,07	2827,44	0,90	0,99	3217,00
1,65	1,11	1,23	2539,98	1,03	1,13	2915,80	0,95	1,05	3317,53
1,70	1,18	1,30	2616,95	1,09	1,20	3009,16	1,01	1,11	3418,06
1,75	1,24	1,37	2693,92	1,15	1,27	3092,51	1,06	1,17	3518,59
1,80	1,31	1,45	2770,89	1,21	1,33	3180,87	1,12	1,24	3619,12
1,85	1,38	1,53	2847,86	1,27	1,41	3269,23	1,18	1,31	3719,65
1,90	1,45	1,61	2924,83	1,34	1,48	3357,57	1,24	1,38	3820,19
1,95	1,53	1,69	3001,80	1,41	1,56	3445,94	1,30	1,45	3920,72
2,00	1,60	1,78	3078,77	1,48	1,64	3534,30	1,37	1,52	4021,25
2,05	1,67	1,86	3155,74	1,55	1,72	3622,60	1,43	1,59	4121,78
2,10	1,75	1,95	3232,71	1,62	1,80	3711,02	1,50	1,67	4222,31
2,15	1,83	2,05	3309,68	1,69	1,89	3799,37	1,57	1,75	4322,84
2,20	1,92	2,14	3386,64	1,77	1,97	3887,73	1,64	1,83	4423,37
2,25	2,00	2,23	3463,61	1,84	2,06	3976,09	1,71	1,91	4523,90
2,30	2,08	2,33	3540,58	1,92	2,15	4064,45	1,78	1,99	4624,44
2,35	2,17	2,43	3617,35	2,00	2,24	4152,80	1,85	2,07	4724,97

2,40	2,26	2,53	3694,52	2,08	2,33	4241,16	1,93	2,16	4825,50
2,45	2,35	2,64	3771,49	2,17	2,43	4329,52	2,01	2,25	4926,03
2,50	2,44	2,74	3848,46	2,25	2,53	4417,88	2,09	2,34	5026,56
2,55	2,53	2,85	3925,43	2,34	2,63	4506,23	2,17	2,43	5127,09
2,60	2,63	2,96	4002,40	2,42	2,73	4594,59	2,25	2,52	5227,62
2,65	2,72	3,07	4079,37	2,51	2,83	4682,95	2,33	2,62	5328,15
2,70	2,82	3,18	4156,34	2,60	2,93	4771,31	2,41	2,72	5428,68
2,75	2,92	3,25	4233,31	2,70	3,04	4859,66	2,50	2,82	5529,22
2,80	3,02	3,42	4310,28	2,79	3,15	4948,02	2,59	2,92	5629,79
2,85	3,13	3,54	4387,24	2,89	3,26	5036,38	2,68	3,02	5730,28
2,90	3,23	3,66	4464,21	2,98	3,37	5124,74	2,77	3,12	5830,81
2,95	3,34	3,78	4541,18	3,08	3,49	5213,09	2,86	3,23	5931,34
3,00	3,45	3,91	4618,15	3,18	3,60	5301,45	2,95	3,34	6031,87

DN 1800 E 2000 PERDAS DE CARGA

Velocidade	DN 1800			DN 2000		
	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,01mm	Vazão	Perda de carga k=0,03mm	Perda de carga k=0,01mm	Vazão
m/s	m/km	m/km	l/s	m/km	m/km	l/s
0,30	0,04	0,04	763,41	0,03	0,03	942,28
0,35	0,05	0,05	890,64	0,04	0,04	1099,56
0,40	0,06	0,06	1017,88	0,05	0,06	1256,64
0,45	0,08	0,08	1145,11	0,07	0,07	1413,72
0,50	0,09	0,09	1272,35	0,08	0,08	1570,80
0,55	0,11	0,11	1399,58	0,10	0,10	1727,88
0,60	0,13	0,13	1526,82	0,11	0,12	1884,96
0,65	0,15	0,15	1654,05	0,13	0,14	2042,04
0,70	0,18	0,18	1781,29	0,15	0,16	2199,12
0,75	0,20	0,20	1908,52	0,17	0,18	2356,20
0,80	0,23	0,23	2035,76	0,19	0,20	2513,28
0,85	0,26	0,26	2162,99	0,21	0,23	2670,36
0,90	0,29	0,29	2290,23	0,23	0,25	2827,44
0,95	0,32	0,32	2417,46	0,26	0,28	2984,52
1,00	0,35	0,35	2544,70	0,29	0,31	3141,60
1,05	0,38	0,38	2671,93	0,32	0,34	3298,68
1,10	0,42	0,42	2799,17	0,34	0,37	3455,76
1,15	0,46	0,46	2926,40	0,37	0,40	3612,84
1,20	0,49	0,49	3053,64	0,40	0,44	3769,92
1,25	0,53	0,53	3180,87	0,44	0,47	3927,00
1,30	0,57	0,57	3308,10	0,47	0,51	4084,08
1,35	0,62	0,62	3435,34	0,50	0,55	4241,16
1,40	0,66	0,66	3562,57	0,54	0,59	4398,24
1,45	0,71	0,71	3689,81	0,58	0,63	4555,32
1,50	0,69	0,76	3817,04	0,62	0,67	4712,40
1,55	0,74	0,81	3944,28	0,65	0,72	4869,48
1,60	0,78	0,86	4071,51	0,69	0,76	5026,56
1,65	0,83	0,91	4198,75	0,74	0,81	5183,64
1,70	0,88	0,97	4325,98	0,78	0,85	5340,72
1,75	0,93	1,02	4453,22	0,82	0,90	5497,80
1,80	0,98	1,08	4580,45	0,87	0,95	5654,88
1,85	1,03	1,14	4707,69	0,91	1,00	5811,96
1,90	1,08	1,20	4834,92	0,96	1,06	5969,04
1,95	1,14	1,26	4962,16	1,01	1,11	6126,12
2,00	1,19	1,32	5089,39	1,06	1,17	6283,20
2,05	1,25	1,38	5216,63	1,11	1,23	6440,28
2,10	1,31	1,45	5343,86	1,16	1,29	6597,36
2,15	1,37	1,52	5471,10	1,21	1,35	6754,44
2,20	1,43	1,59	5598,33	1,27	1,41	6911,52
2,25	1,49	1,66	5725,57	1,32	1,47	7068,60
2,30	1,55	1,73	5852,80	1,38	1,53	7225,68
2,35	1,62	1,80	5980,04	1,43	1,60	7382,76

2,40	1,68	1,88	6107,27	1,49	1,67	7539,84
2,45	1,75	1,96	6234,51	1,55	1,73	7696,92
2,50	1,82	2,04	6361,74	1,61	1,80	7854,00
2,55	1,89	2,12	6488,97	1,67	1,87	8011,08
2,60	1,96	2,20	6616,21	1,74	1,95	8168,16
2,65	2,03	2,28	6743,44	1,80	2,02	8325,24
2,70	2,10	2,36	6870,68	1,87	2,09	8482,32
2,75	2,18	2,45	6997,91	1,93	2,17	8639,40
2,80	2,25	2,54	7125,15	2,00	2,25	8796,48
2,85	2,33	2,63	7252,38	2,07	2,33	8953,56
2,90	2,41	2,72	7379,62	2,14	2,41	9110,64
2,95	2,49	2,81	7506,85	2,21	2,49	9267,72
3,00	2,57	2,90	7634,09	2,28	2,57	9424,80

COMPORTAMENTO ÀS CARGAS EXTERNAS

Os diferentes tipos de tubos podem ser classificados em três categorias, segundo o comportamento às cargas externas:

- tubos rígidos,
- tubos flexíveis,
- tubos semi-rígidos.

Os tubos de ferro dúctil classificam-se entre os semi-rígidos. Apresentam uma boa combinação de resistência às cargas e à deformação, garantindo assim uma boa segurança de serviço ao longo do tempo.

Veja a seguir:

- Sistema de solo tubo
- Casos de tubos rígidos
- Casos de tubos flexíveis
- Casos de tubos semi-rígidos

SISTEMA SOLO-TUBO

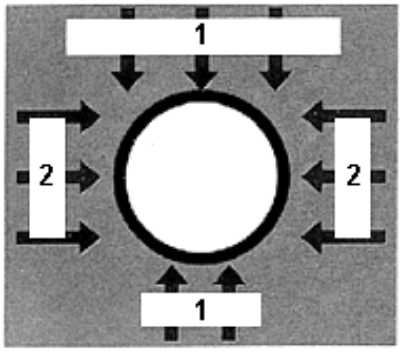
O comportamento mecânico de um tubo enterrado não pode ser compreendido sem se levar em consideração o sistema solo/tubo.

Efetivamente, a interação dos tubos com o solo adjacente depende da sua rigidez ou da sua flexibilidade, o que determina o tipo de assentamento.

Os tubos podem ser classificados em três categorias, segundo sua resistência às cargas externas:

- tubos rígidos,
- tubos flexíveis,
- tubos semi-rígidos.

Solo



1. Cargas externas
2. Reação

CASOS DE TUBOS RÍGIDOS

Exemplo

Fibro-cimento, concreto protendido.

Comportamento

Os tubos rígidos só admitem uma pequena ovalização antes da ruptura. Esta deformação é insuficiente para colocar em jogo as reações de apoio laterais do reaterro. Toda a carga vertical do reaterro é suportada pelo tubo, o que provoca grandes tensões de flexão em suas paredes.

Critério de dimensionamento

Geralmente, carga máxima de compressão.

Conseqüências

Os tubos rígidos favorecem as concentrações de carga nas geratrizes inferior e superior. A eficiência do conjunto solo/tubo rígido depende bastante do ângulo de apoio, portanto da boa preparação do leito de assentamento, em particular se existem cargas rodantes.

CASOS DE TUBOS FLEXÍVEIS

Exemplo

Plásticos, aço não revestido com cimento.

Comportamento

Os tubos flexíveis suportam, sem romper, uma grande deformação. Assim, a carga vertical do reaterro sobre os tubos é equilibrada pelas reações de apoio lateral do tubo sobre o reaterro adjacente.

Critérios de dimensionamento

Ovalização máxima admissível ou tensão de flexão máxima admissível.

Conseqüências

A estabilidade do sistema solo/tubo flexível é diretamente dependente da capacidade do reaterro gerar uma reação passiva de apoio, portanto do módulo de reação (E'), e, consequentemente, da qualidade do reaterro e sua compactação.

CASOS DE TUBOS SEMI-RÍGIDOS

Exemplo

Ferro fundido dúctil.

Comportamento

Os tubos semi-rígidos suportam uma ovalização suficiente para que uma parte da carga vertical do reaterro mobilize o apoio do recobrimento. Assim, os esforços em jogo são as reações passivas de apoio do solo de envolvimento lateral e das tensões internas de flexão na parede do tubo. A resistência à carga vertical é então repartida entre a resistência própria do tubo e seu reaterro adjacente; a contribuição de cada um é função da relação entre a rigidez do tubo e do solo.

Critérios de dimensionamento

Tensão de flexão máxima admissível (caso de pequenos diâmetros) ou ovalizaçâo máxima admissível (caso de grandes diâmetros).

Conseqüências

Na divisão dos esforços entre o tubo e reaterro, o sistema solo/tubo semi-rígido oferece uma maior segurança no caso de aumento, ao longo do tempo, das solicitações mecânicas ou de alterações das condições de apoio.

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DOS SOLOS

Os dados abaixo referem-se a valores realmente adotados para caracterizar os solos. Dispensam medidas reais no local ou em laboratório.

Veja a seguir:

- Características médias dos solos comumente encontrados
- Classificação dos solos segundo ASTM/D 2487
- Valores médios do módulo de reação E' de um aterro

CARACTERÍSTICAS MÉDIAS DOS SOLOS COMUMENTE ENCONTRADOS

Os valores indicados nas tabelas a seguir são aqueles geralmente adotados para caracterização dos solos. Permitem utilizar algumas fórmulas simplificadas citadas neste catálogo.

Natureza do terreno	Seco/úmido		Com lençol freático	
	Φ	γ	Φ	γ
	graus	t/m^3	graus	t/m^3
Pedra fragmentada	40°	2	35°	1,1
Cascalho/areia	35°	1,9	30°	1,1
Cascalho/areia lodos/argila	30°	2	25°	1,1
Lodos/argila	25°	1,9	15°	1
Argila/solos orgânicos	15°	1,8	Sem características médias	

Φ: ângulo de atrito interno (em graus),
γ: Massa volumétrica (em t/m^3).

CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS SEGUNDO ASTM/D 2487

- GW - pedregulho bem graduado, misturas pedregulho-areia, com poucos ou sem finos.
- GP - pedregulho não graduado, misturas pedregulho-areia, com poucos ou sem finos.
- GM - argila siltosa, mistura silte-areia-pedregulho não graduado.
- GC - pedregulho-argila, mistura argila-areia-pedregulho não graduado.
- SW - areias bem graduadas, pedregulho-areia,com poucos ou sem finos.
- SP - areias não-graduadas, pedregulhos-areia, com poucos ou sem finos,
- SM - areias siltosas, mistura silte-areia não graduada.
- SC - areias argilosas, misturas areia-argila não graduada.
- ML- siltes não orgânicos e areia muito fina, areias finas siltosas ou argilosas.
- CL - argilas não orgânicas de fraca a média plasticidade.
- MH - siltes não orgânicos, solos finos arenosos ou siltes elásticos.
- CH - argilas não orgânicas de forte plasticidade, argilas oleosas.

VALORES MÉDIOS DO MÓDULO DE REAÇÃO E' DE UM ATERRO (a)

Tipo de solo utilizado para reaterro		Grau de Compactação (Proctor) (e)			
Descrição	Classificação (b)	Não compactado	Baixo < 85%	Médio 85% - 95%	Alto > 95%
		Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
Solos finos (LL > 50%) (c) plasticidade média a forte	CH MH CH-MH	Solos necessitando de estudos e medidas específicas			
Solos finos (LL <50%) plasticidade nula a média Elementos grossos < 25%	CL ML ML-CL CL-CH ML-MH	0,4	1,4	3	7
Solos finos (LL < 50%) plasticidade nula a média Elementos grossos > 25%	CL ML ML-CL CL-CH ML-MH	0,7	3	7	14
Solos com elementos grossos e finos Elementos finos > 12%	GM GC SM SC (d)	1,4	7	14	20
Solos com elementos grossos e poucos ou nenhum fino Elementos finos < 12%	GW GP SW SP (d)				
Rocha triturada		7	20		

(a) conforme a avaliação do Serviço de Reclamações dos EUA, aplicável aos tubos não rígidos,
(b) classificação segundo ASTM/D 2487,
(c) LL = limite de liquidez,
(d) ou todo solo equivalente cuja referência começa por estes símbolos,
(e) grau Proctor segundo método D 698, AASHOT-99 (densidade seca máxima na amostra standard a 598.000 J/m^3).

ESCAVAÇÃO E REATERRO

A execução da vala e o recobrimento dependem dos seguintes parâmetros:

- meio (urbano ou rural),
- características da canalização (material, tipo de junta e diâmetro),
- natureza do terreno (com ou sem lençol freático),
- profundidade do assentamento.

As recomendações de assentamento apresentadas a seguir são aquelas geralmente prescritas para as canalizações de ferro dúctil.

Veja a seguir:

- Trabalhos preparatórios
- Escavação
- Largura da vala
- Profundidade de escavação
- Natureza dos terrenos
- O talude
- O escoramento das escavações
- Fundo da vala
- Leito de assentamento
- Reaterro

TRABALHOS PREPARATÓRIOS

Após o estudo completo do meio e entendimentos com a concessionária, o empreiteiro materializa, sobre o terreno, o traçado e o perfil da canalização a assentar, conforme o projeto executivo, assegurando-se da concordância entre as hipóteses do projeto e as condições de execução.

ESCAVAÇÃO

Sob pavimentação, prever a demolição da via de circulação, com pré-cortes das bordas da vala, para evitar a destruição das partes vizinhas. A largura é ligeiramente superior à da vala. A abertura da vala é geralmente realizada com a ajuda de uma retroescavadeira, cujas características devem ser adaptadas ao diâmetro do tubo, ao meio e à profundidade do assentamento.

LARGURA DA VALA

A largura da vala é função do DN, da natureza do terreno, da profundidade de assentamento, do método de escoramento e da compactação.

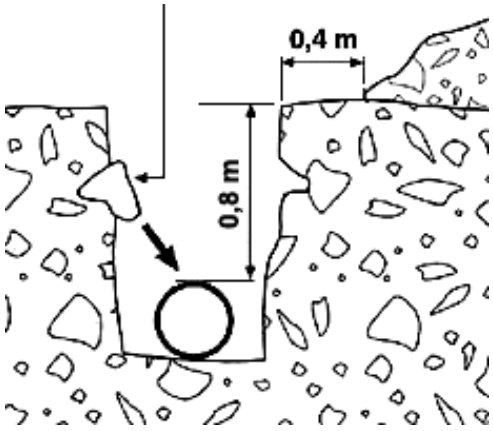
No momento da execução, é necessário:

- estabilizar as paredes da vala, seja por talude, seja por escoramento,
- eliminar os vazios do declive para evitar as quedas de blocos de terra ou de pedra,
- acomodar o material retirado, deixando uma berma de 0,4m de largura.

PROFUNDIDADE DE ESCAVAÇÃO

Salvo indicação contrária, a profundidade mínima da vala é aquela que resulta em uma altura de recobrimento não inferior a 0,8 m, a partir da geratriz superior do tubo.

A retirar antes do assentamento

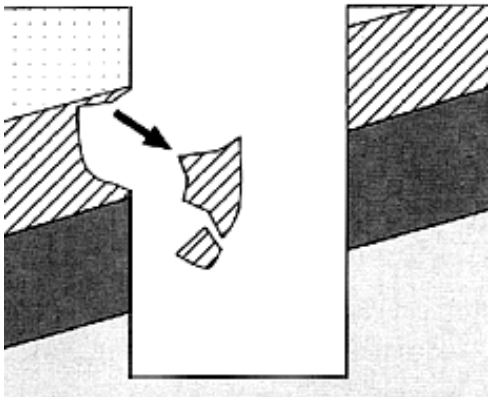


NATUREZA DOS TERRENOS

Os terrenos podem ser divididos em três grandes categorias, em função de sua coesão:

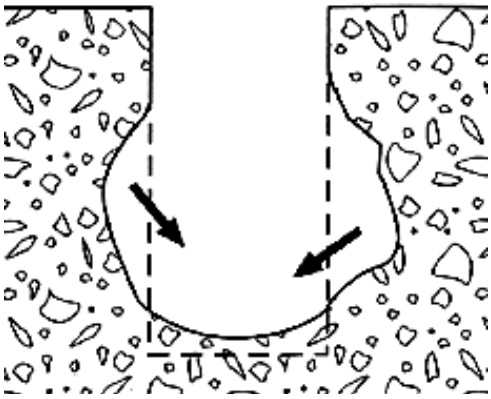
Terrenos Rochosos

Possuem um grande coesão, que complica o trabalho de abertura de vala, mas que não exclui totalmente a possibilidade de desmoronamento. Às vezes apresentam fissuras, que podem provocar a queda de blocos inteiros.



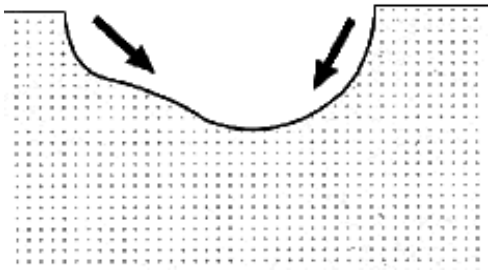
Terrenos Argilosos

São os mais encontrados. Apresentam uma certa coesão que, no momento da abertura da vala, permite mantê-la firme durante algum tempo. Esta coesão pode variar muito rapidamente devido a vários fatores (chegada de água, passagem de equipamentos, etc): há possibilidade de desmoronamentos.



Terrenos Instáveis

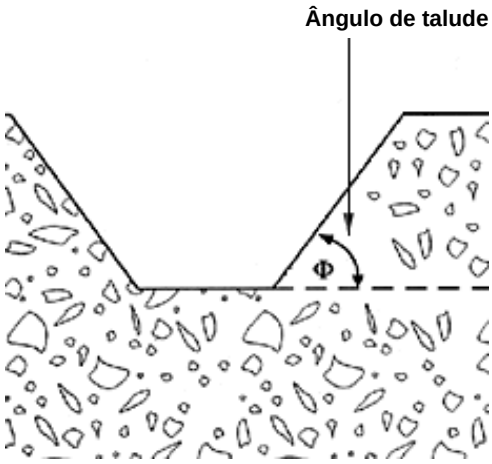
São terrenos totalmente desprovidos de coesão, tais como areia seca, lodo ou aterros recentemente depositados. Eles se desmoronam, na prática, instantâneamente. Todos os trabalhos nestes terrenos necessitam da adoção de procedimentos especiais.



É imprescindível proteger-se contra todos os riscos de desmoronamento:

- Seja por talude,
- Seja com escoramento das paredes da vala.
- A execução das precauções relativas às paredes da vala é também função do meio (urbano e rural) e da profundidade de assentamento.

O TALUDE

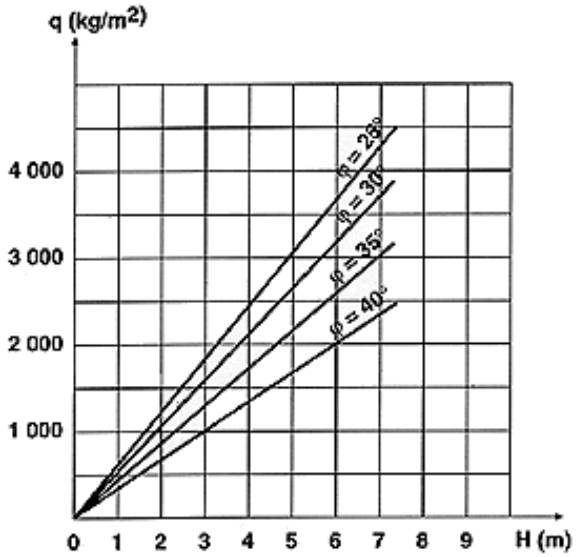


Raramente empregado no meio urbano em razão das superfícies necessárias, consiste em dar às paredes uma inclinação chamada *ângulo de talude*, que deve ser próxima ao ângulo de atrito interno do terreno. Este ângulo varia com a natureza dos terrenos encontrados. Ver **Características Mecânicas dos Solos**.

O ESCORAMENTO DAS ESCAVAÇÕES

As técnicas de escoramento são numerosas; é importante estudá-las e adaptá-las antes do início dos trabalhos.

O escoramento deve ser realizado nos casos previstos pela regulamentação em vigor ou, de uma maneira geral, quando a natureza do terreno exige.



Técnicas de escoramento mais usadas

- painéis em madeira feitos com elementos pré-fabricados,
- escoramento com caixas de madeira ou metálicas,
- escoramento por estacas.

Qualquer que seja o procedimento utilizado, é preciso levar em consideração a pressão do terreno. Os painéis instalados devem ser capazes, sobretudo a sua altura, de resistir a um empuxo dado pela fórmula:

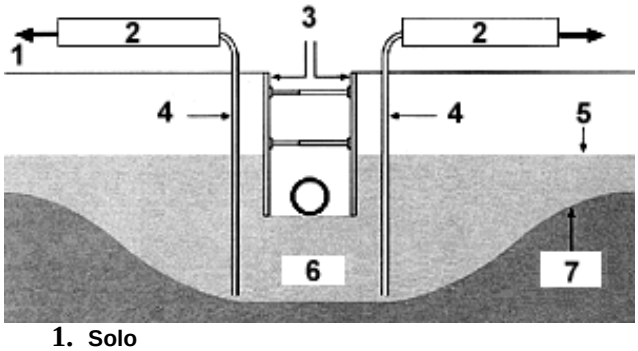
$$q = 0{,}75\ \gamma\ H\ tg^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$$

γ: massa específica do terreno (kg/m^3) (aproximadamente igual a 2000 kg/m^3)
φ: ângulo de atrito interno do terreno
q: empuxo das terras (kg/m^2).
H: profundidade (m).

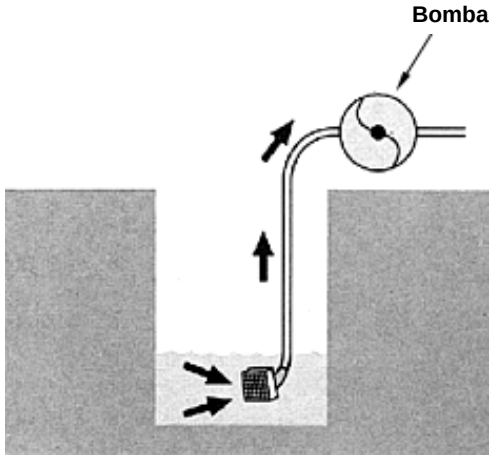
FUNDO DA VALA

O fundo da vala deve ser nivelado conforme o perfil ao longo da canalização e livre de todo o material rochoso ou de entulho. Assegurar-se de que o apoio do tubo sobre o solo é regularmente distribuído em todo o seu comprimento. Nos casos da junta mecânica (JM) e da junta travada externa (JTE), é necessário realizar *cachimbos* destinados a facilitar o aperto dos parafusos.

Presença de água:
A abertura de vala deve ser feita do nível mais baixo em direção ao mais alto, de forma a permitir a auto-evacuação da água do fundo da vala. Quando a vala é realizada em um terreno encharcado de água (lençol freático), pode ser necessário retirar as águas da vala por bombeamento (diretamente na vala ou em um ponto ao lado).

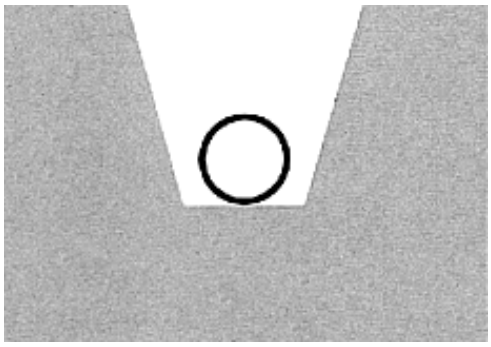


1. **Solo**
2. **Bombeamento**
3. **Escoramento**
4. **Ponteiro**
5. **Nível estático**
6. **Zona seca**
7. **Nível dinâmico**

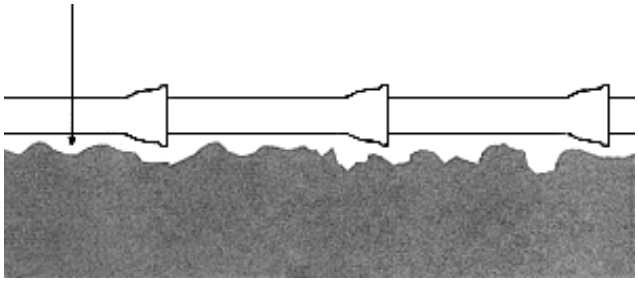


LEITO DE ASSENTAMENTO

O fundo da vala constitui a zona de base do tubo. Nos casos onde o solo é relativamente homogêneo, é possível o assentamento direto do tubo sobre o fundo da vala descrito anteriormente.



Leito de assentamento: cascalho ou areia



É conveniente assegurar-se do perfeito apoio do tubo, principalmente nos casos de grandes diâmetros. Quando um fundo de vala não serve para assentamento direto, deve-se executar um leito de cascalho ou areia. Sua espessura é da ordem de 10 cm.

REATERRO

Ver em **Alturas de Recobrimento** detalhes dos diferentes tipos de reaterro em função:

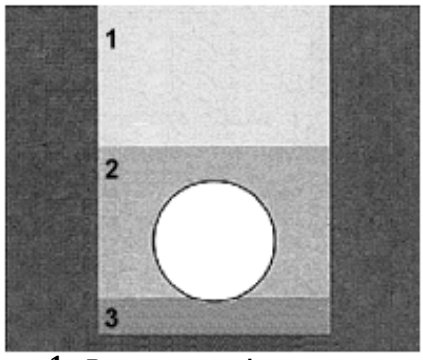
- do meio (cargas de terras, cargas rodantes, qualidade do aterro),
- do diâmetro da canalização,
- da natureza dos terrenos encontrados

Reaterro com compactação

Tem duas funções:

- o envolvimento de sustentação (resistência à ovalização, unicamente nos casos de grandes diâmetros), realizado com o próprio material retirado da vala ou com material importado,
- o envolvimento de proteção (nos casos de terrenos com granulometria muito heterogênea), efetuado com terra peneirada ou com areia; esta cobertura pode assegurar as duas funções: proteção e manutenção.

Solo



1. **Reaterro superior**
2. **Envolvimento de sustentação**
3. **Leito de assentamento**

Reaterro superior

É geralmente realizado com o próprio material retirado da vala, não compactado (na calçada), ou por materiais selecionados com compactação (sob pavimentação).

ALTURAS DE RECOBRIMENTO

As alturas de recobrimento mínimas e máximas dependem das características do tubo e das condições de assentamento.

Veja a seguir:

- Definições
- Definição dos tipos de assentamento
- Definição dos tipos de solo
- Alturas de recobrimento
- Níveis de compactação

DEFINIÇÕES

Podemos distinguir três zonas em uma vala de assentamento:

- zona de reaterro (1),
- zona de reaterro controlado (2),
- solo natural (3).

A zona de reaterro (1) varia em função da região do assentamento (rural ou urbano) e deve levar em consideração a estabilidade da pavimentação de ruas e estradas.

A zona de reaterro controlado (2) condiciona a estabilidade e a proteção da canalização.

A sua execução deve satisfazer as seguintes variáveis:

- as características dos tubos (rígidos, semi-rígidos ou flexíveis),
- as cargas externas (altura do reaterro e cargas rodantes),
- a natureza rochosa e a heterogeneidade dos terrenos.

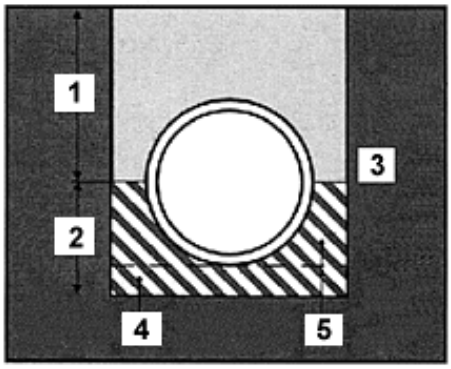
Normalmente, a zona de reaterro controlado (2) é constituída por:

- leito de assentamento,
- envoltória.

A envoltória varia segundo a natureza da canalização. Para tubos flexíveis, deve estender-se até 0,10m acima da geratriz superior do tubo, enquanto que, para tubos rígidos e semi-rígidos, poderá ir até a altura do diâmetro horizontal da canalização.

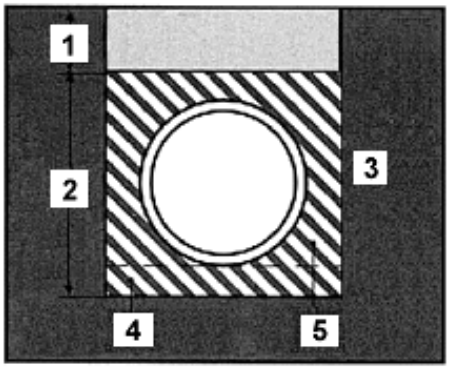
Tubos Rígidos e Tubos Semi-Rígidos

1. Reaterro
2. Reaterro controlado
3. Solo natural
4. Leito de assentamento
5. Envoltória



Tubos Flexíveis

1. Reaterro
2. Reaterro
3. Solo natural
4. Leito de assentamento
5. Envoltória

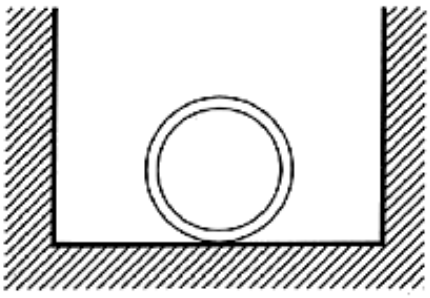


DEFINIÇÃO DOS TIPOS DE ASSENTAMENTO

A norma ANSI A 21.50 (AWWA/C-150) prevê cinco tipos normais de assentamento, relacionados principalmente com os cuidados a adotar com o fundo e o reaterro da vala.

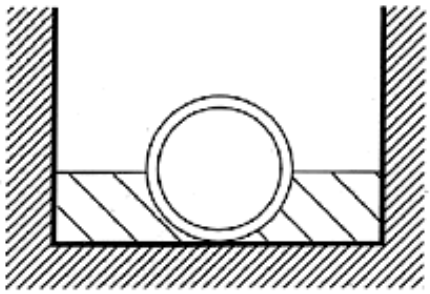
Tipo 1

- Fundo da vala plano (solo de origem inalterado).
- Reaterro não-compactado.



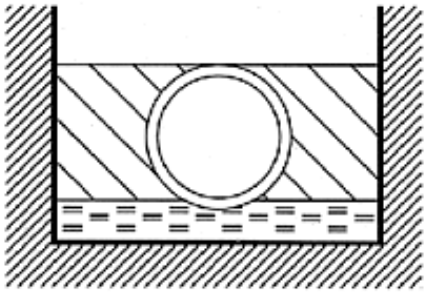
Tipo 2

- Fundo da vala plano (solo de origem inalterado).
- Reaterro levemente compactado até a metade do tubo,



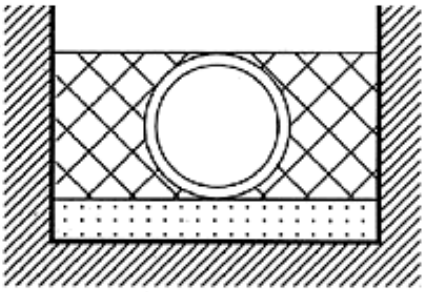
Tipo 3

- Tubo assentado em vala sobre leito de terra solta, não compactada, com espessura mínima de 100 mm.
- Reaterro levemente compactado até a parte superior do tubo.



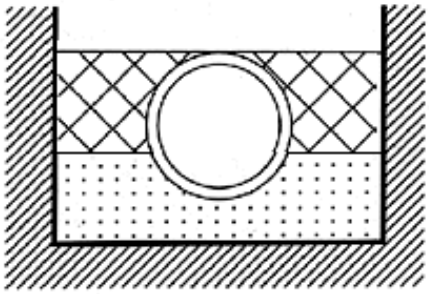
Tipo 4

- Tubo assentado em vala sobre leito de areia, pedregulho ou pedra britada, com espessura de 1/8 do diâmetro do tubo ou, no mínimo, de 100 mm.
- Reaterro compactado até a parte superior do tubo (aproximadamente 80% *Standard Proctor,* AASHOT- 99).



Tipo 5

- Tubo assentado em vala sobre leito de material granular até a metade do tubo.
- Material granular ou *material selecionado* compactado até a parte superior do tubo (aproximadamente 90% *Standard Proctor,* AASHOT - 99).
- * *Terra solta* ou *material selecionado* são definidos como solo nativo escavado da própria vala, isento de pedras ou materiais estranhos.



DEFINIÇÃO DOS TIPOS DE SOLO

A norma ISO 10803 define 6 grupos que classificam diferentes solos para reaterro, ou seja, solos que são utilizados nas valas em volta dos tubos, compactados ou não, para dar suporte às tubulações. Estes grupos classificam os solos de origem assim como os materiais importados. São também usados para classificação dos solos das paredes das valas.

Grupos de solo	Descrição sumária
A	Pedras com granulação de 6 mm a 40 mm, incluindo também grande quantidade de material local como: pedra britada, pedregulho fragmentado, pedrisco, cascalhos.
B	Solos com granulação grossa, com poucos ou nenhum finos, sem partículas maiores que 40 mm.
C	Solos com granulação grossa, com finos, e solos com granulaçâo fina, com média a nenhuma plasticidade, com mais de 25% de partículas grossas e limite de liquidez menor que 50%.
D	Solos com granulação fina, com média a nenhuma plasticidade, com menos de 25% de partículas grossas, limite de liquidez menor que 50%.
E	Solos com granulação fina, com média a alta plasticidade, limite de liquidez maior que 50%.
F	Solos de origem orgânica.

ALTURAS DE RECOBRIMENTO

As tabelas a seguir mostram as alturas de recobrimento máximas (sem carga rodante) e máximas e mínimas (com carga rodante) para tubos classes K7 e K9.

Os valores resultaram de cálculos efetuados para cada um dos cinco tipos de assentamento definidos na norma AINSI A 21.50 (AWWA C-150.), combinados com os grupos de solo A, B, C, D e E, da norma ISO 10803, anteriormente descritas.

Alturas de recobrimento máximas sem carga rodante:

- **Grupo de solo A**
- **Grupo de solo B**
- **Grupo de solo C**
- **Grupo de solo D**

Alturas de recobrimento máximas com carga rodante:

- **Grupo de solo A**
- **Grupo de solo B**
- **Grupo de solo C**
- **Grupo de solo D**

GRUPO DE SOLO A

Alturas de recobrimento máximas sem carga rodante

Diametro Nominal DN	Classe	Tipo de Assentamento				
		Tipo1	Tipo2	Tipo3	Tipo4	Tipo5
80	K-9	31,8	32,7	34,0	36,7	42,4
100	K-9	25,5	26,2	27,3	29,7	34,7
150	K-7	13,7	14,1	15,1	17,2	21,4
	K-9	17,7	18,2	19,2	21,4	25,8
200	K-7	9,7	10,0	10,9	13,1	17,3
	K-9	14,1	14,5	15,5	17,7	22,1
250	K-7	8,1	8,3	9,4	11,8	16,4
	K-9	11,2	11,6	12,6	14,8	19,2
300	K-7	6,9	7,1	8,3	10,8	15,5
	K-9	10,1	10,4	11,5	13,8	18,4
350	K-7	6,3	6,4	7,6	10,1	14,9
	K-9	9,3	9,6	10,7	13,1	17,8
400	K-7	6,0	6,2	7,3	9,9	14,8
	K-9	8,9	9,2	10,3	12,9	17,8
450	K-7	5,9	6,0	7,2	9,9	14,8
	K-9	8,5	8,8	10,0	12,7	17,8
500	K-7	5,8	6,0	7,2	9,9	15,0
	K-9	8,4	8,6	9,9	12,7	18,0
600	K-7	5,8	5,9	7,2	10,1	15,4
	K-9	8,1	8,4	9,7	12,7	18,3
700	K-7	5,9	6,0	7,4	10,4	16,0
	K-9	8,0	8,2	9,7	12,8	18,6
800	K-7	6,0	6,2	7,6	10,7	16,6
	K-9	8,0	8,2	9,7	12,9	19,1
900	K-7	5,9	6,0	7,5	10,6	16,4
	K-9	7,7	7,9	9,4	12,6	18,7
1000	K-7	5,8	5,9	7,4	10,5	16,3
	K-9	7,4	7,6	9,1	12,3	18,4
1200	K-7	5,6	5,8	7,2	10,3	16,1
	K-9	7,0	7,3	8,7	11,9	17,9

GRUPO DE SOLO B

Alturas de recobrimento máximas sem carga rodante

Diametro Nominal DN	Classe	Tipo de Assentamento				
		Tipo1	Tipo2	Tipo3	Tipo4	Tipo5
80	K-9	31,4	32,3	33,6	36,1	41,4
100	K-9	25,0	25,7	26,8	29,0	33,5
150	K-7	12,9	13,3	14,3	16,0	19,4
	K-9	17,1	17,6	18,5	20,4	24,2
200	K-7	8,7	8,9	9,9	11,6	14,8
	K-9	13,2	13,6	14,6	16,4	20,0
250	K-7	6,9	7,1	8,1	10,0	13,3
	K-9	10,3	10,6	11,6	13,4	16,8
300	K-7	5,6	5,8	6,9	8,8	12,2
	K-9	9,0	9,3	10,3	12,2	15,6
350	K-7	4,9	5,0	6,1	8,0	11,4
	K-9	8,1	8,3	9,4	11,3	14,8
400	K-7	4,6	4,7	5,8	7,8	11,2
	K-9	7,6	7,8	9,0	11,0	14,6
450	K-7	4,4	4,5	5,7	7,7	11,1
	K-9	7,2	7,4	8,6	10,6	14,3
500	K-7	4,3	4,4	5,6	7,6	11,2
	K-9	6,9	7,1	8,4	10,5	14,3
600	K-7	4,2	4,3	5,6	7,7	11,4
	K-9	6,6	6,8	8,1	10,3	14,3
700	K-7	4,2	4,3	5,6	7,9	11,7
	K-9	6,3	6,5	7,9	10,3	14,4
800	K-7	4,2	4,4	5,7	8,1	12,1
	K-9	6,2	6,4	7,8	10,3	14,6
900	K-7	4,1	4,2	5,6	7,9	11,9
	K-9	5,9	6,1	7,5	10,0	14,2
1000	K-7	4,0	4,1	5,5	7,8	11,8
	K-9	5,6	5,8	7,2	9,7	13,9
1200	K-7	3,9	4,0	5,4	7,7	11,7
	K-9	5,3	5,4	6,8	9,3	13,5

GRUPO DE SOLO C

Alturas de recobrimento máximas sem carga rodante

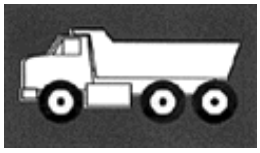
Diametro Nominal DN	Classe	Tipo de Assentamento				
		Tipo1	Tipo2	Tipo3	Tipo4	Tipo5
80	K-9	31,1	32,1	33,2	35,5	40,8
100	K-9	24,6	25,4	26,3	32,8	32,8
150	K-7	12,2	12,8	13,4	14,8	18,1
	K-9	16,4	17,1	17,8	19,4	23,1
200	K-7	7,7	8,3	8,8	10,1	13,1
	K-9	12,4	13,0	13,7	15,2	18,6
250	K-7	5,7	6,2	6,8	8,2	11,3
	K-9	9,3	9,9	10,5	11,9	15,1
300	K-7	4,3	4,8	5,5	6,8	9,9
	K-9	7,9	8,5	9,2	10,6	13,8
350	K-7	3,5	4,1	4,7	6,0	9,1
	K-9	6,9	7,5	8,2	9,6	12,8
400	K-7	3,2	3,7	4,4	5,7	8,8
	K-9	6,3	7,0	7,6	9,1	12,4
450	K-7	2,9	3,5	4,2	5,5	8,7
	K-9	5,8	6,5	7,1	8,6	12,0
500	K-7	2,8	3,4	4,0	5,4	8,6
	K-9	5,5	6,2	6,9	8,4	11,9
600	K-7	2,6	3,2	3,9	5,3	3,7
	K-9	5,0	5,7	6,4	8,0	11,7
700	K-7	2,5	3,2	3,8	5,3	8,9
	K-9	4,7	5,4	6,1	7,8	11,6
800	K-7	2,5	3,1	3,9	5,4	9,1
	K-9	4,5	5,2	6,0	7,7	11,6
900	K-7	2,3	3,0	3,7	5,3	9,0
	K-9	4,1	4,9	5,6	7,3	11,3
1000	K-7	2,2	2,9	3,6	5,2	8,8
	K-9	3,9	4,6	5,4	7,0	10,9
1200	K-7	2,1	2,8	3,5	5,0	8,7
	K-9	3,5	4,2	5,0	6,6	10,5

GRUPO DE SOLO D

Alturas de recobrimento máximas sem carga rodante

Diametro Nominal DN	Classe	Tipo de Assentamento				
		Tipo1	Tipo2	Tipo3	Tipo4	Tipo5
80	K-9	30,9	31,9	33,0	35,4	40,3
100	K-9	24,4	25,3	26,2	28,2	32,2
150	K-7	11,9	12,5	13,1	14,6	17,1
	K-9	16,2	16,9	17,6	19,2	22,2
200	K-7	7,4	7,9	8,5	9,8	11,9
	K-9	12,1	12,7	13,4	15,2	17,5
250	K-7	5,3	5,8	6,4	7,7	9,7
	K-9	9,0	9,6	10,2	11,6	13,9
300	K-7	3,8	4,4	5,5	6,3	8,2
	K-9	7,6	8,1	8,8	10,1	12,4
350	K-7	3,0	3,6	4,2	5,5	7,3
	K-9	6,5	7,1	7,7	9,1	11,3
400	K-7	2,7	3,3	3,9	5,2	7,0
	K-9	5,9	6,5	7,2	8,6	10 8
450	K-7	2,5	3,0	3,6	5,0	6,8
	K-9	5,4	6,0	6,7	8,1	10,3
500	K-7	2,3	2,9	3,5	4,8	6,7
	K-9	5,0	5,7	6,3	7,8	10,1
600	K-7	2,1	2,7	3,3	4,7	6,7
	K-9	4,5	5,2	5,9	7,4	9,7
700	K-7	1,9	2,6	3,2	4,7	6,7
	K-9	4,1	4,8	5,5	7,1	9,5
800	K-7	1,9	2,5	3,2	4,8	6,9
	K-9	3,9	4,6	5,3	7,0	9,4
900	K-7	1,8	2,4	3,1	4,6	6,7
	K-9	3,6	4,3	5,0	6,6	9,0
1000	K-7	1,7	2,3	3,0	4,5	6,6
	K-9	3,3	4,0	4,7	6,4	8,7
1200	K-7	1,5	2,2	2,9	4,4	6,4
	K-9	2,9	3,6	4,4	6,0	8,2

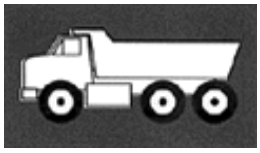
GRUPO DE SOLO A



Alturas de recobrimento
máximas e mínimas com carga rodante

Diametro Nominal DN	Classe	Tipo de Assentamento									
		Tipo1		Tipo2		Tipo3		Tipo4		Tipo5	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
80	K-9	0,10	31,7	0,10	32,6	0,10	33,9	0,09	36,6	0,08	42,3
100	K-9	0,13	25,4	0,12	26,1	0,12	27,2	0,11	29,6	0,09	34,6
150	K-7	0,22	13,5	0,22	13,9	0,20	14,9	0,18	17,0	0,14	21,3
	K-9	0,18	17,5	0,17	18,0	0,16	19,0	0,15	21,2	0,12	25,7
200	K-7	0,32	9,4	0,31	9,6	0,28	10,7	0,23	12,9	0,17	17,2
	K-9	0,22	13,8	0,20	14,2	0,20	15,3	0,18	17,5	0,14	22,0
250	K-7	0,39	7,7	0,37	7,9	0,33	9,1	0,26	11,5	0,18	16,2
	K-9	0,27	11,0	0,27	11,3	0,24	12,4	0,21	14,6	0,16	1 9,1
300	K-7	0,45	6,5	0,44	6,7	0,37	7,9	0,28	10,5	0,19	15,3
	K-9	0,30	9,8	0,29	10,1	0,27	11,2	0,22	13,6	0,17	18,3
350	K-7	0,51	5,7	0,49	5,9	0,41	7,2	0,30	9,8	0,20	14,7
	K-9	0,33	9,0	0,32	9,2	0,28	10,4	0,23	12,9	0,17	17,7
400	K-7	0,53	5,5	0,51	5,7	0,42	6,9	0,30	9,6	0,20	14,6
	K-9	0,34	8,6	0,33	8,8	0,29	10,0	0,23	12,7	0,17	17,7
450	K-7	0,53	5,3	0,52	5,5	0,42	6,8	0,30	9,6	0,19	14,6
	K-9	0,35	8,2	0,34	8,5	0,30	9,7	0,23	12,4	0,17	17,6
500	K-7	0,54	5,3	0,52	5,4	0,42	6,8	0,29	9,6	0,19	14,8
	K-9	0,35	8,0	0,34	8,3	0,30	9,6	0,23	12,5	0,16	17,8
600	K-7	0,52	5,3	0,51	5,4	0,40	6,8	0,28	9,8	0,18	15,2
	K-9	0,36	7,8	0,35	8,0	0,30	9,4	0,22	12,5	0,16	18,1
700	K-7	0,50	5,4	0,49	5,5	0,38	7,0	0,27	10,1	0,17	15,8
	K-9	0,35	7,7	0,34	7,9	0,29	9,4	0,22	12,5	0,15	18,5
800	K-7	0,48	5,5	0,46	5,7	0,36	7,2	0,25	10,5	0,16	16,4
	K-9	0,35	7,6	0,34	7,9	0,28	9,4	0,21	12,7	0,14	18,9
900	K-7	0,48	5,4	0,46	5,6	0,36	7,1	0,25	10,3	0,16	16,3
	K-9	0,33	7,8	0,32	8,1	0,27	9,6	0,20	12,9	0,14	19,2
1000	K-7	0,47	5,3	0,46	5,5	0,36	7,0	0,24	10,2	0,16	16,2
	K-9	0,36	7,1	0,35	7,3	0,29	8,8	0,21	12,1	0,14	18,3
1200	K-7	0,46	5,2	0,44	5,4	0,35	6,9	0,24	10,1	0,15	16,0
	K-9	0,36	6,7	0,33	7,2	0,28	8,7	0,20	12,1	0,13	18,4

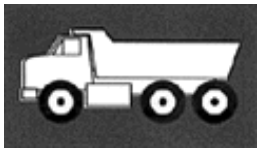
GRUPO DE SOLO B



Alturas de recobrimento
máximas e mínimas com carga rodante

Diametro Nominal DN	Classe	Tipo de Assentamento									
		Tipo1		Tipo2		Tipo3		Tipo4		Tipo5	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
80	K-9	0,10	31,3	0,10	32,2	0,10	33,5	0,09	36,0	0,08	41,3
100	K-9	0,13	24,9	0,12	25,6	0,12	26,7	0,11	28,9	0,10	33,5
150	K-7	0,24	12,7	0,23	13,1	0,22	14,0	0,19	15,8	0,16	19,3
	K-9	0,18	16,9	0,18	17,4	0,17	18,4	0,15	20,3	0,13	24,0
200	K-7	0,36	8,3	0,35	8,6	0,31	9,6	0,26	11,4	0,21	14,6
	K-9	0,24	13,0	0,22	13,4	0,21	14,4	0,19	16,3	0,16	19,8
250	K-7	0,46	6,4	0,45	6,6	0,38	7,7	0,31	9,7	0,23	13,1
	K-9	0,30	10,0	0,29	10,3	0,27	11,3	0,23	13,2	0,18	16,6
300	K-7	0,59	5,0	0,57	5,2	0,46	6,4	0,35	8,4	0,25	11,9
	K-9	0,34	8,8	0,33	8,9	0,30	10,0	0,25	12,0	0,19	15,4
350	K-7	0,70	4,2	0,67	4,3	0,52	5,6	0,38	7,7	0,26	11,1
	K-9	0,38	7,7	0,37	8,0	0,32	9,1	0,27	11,1	0,20	14,6
400	K-7	0,75	3,8	0,72	4,0	0,54	5,3	0,39	7,4	0,26	10,9
	K-9	0,40	7,2	0,39	7,5	0,34	8,6	0,27	10,7	0,20	14,4
450	K-7	0,79	3,6	0,75	3,8	0,55	5,1	0,39	7,3	0,26	10,9
	K-9	0,42	6,8	0,41	7,0	0,35	8,2	0,28	10,4	0,21	14,1
500	K-7	0,81	3,5	0,77	3,6	0,56	5,0	0,39	7,2	0,26	10,9
	K-9	0,43	6,5	0,42	6,7	0,35	8,0	0,28	10,2	0,20	14,1
600	K-7	0,82	3,4	0,78	3,5	0,55	5,0	0,38	7,3	0,25	11,1
	K-9	0,45	6,1	0,44	6,3	0,36	7,7	0,28	10,1	0,20	14,1
700	K-7	0,79	3,4	0,76	3,5	0,53	5,1	0,36	7,5	0,23	11,5
	K-9	0,46	5,9	0,44	6,1	0,36	7,5	0,27	10,0	0,19	14,4
800	K-7	0,76	3,5	0,72	3,6	0,50	5,2	0,34	7,7	0,22	11,9
	K-9	0,46	5,8	0,44	6,0	0,35	7,5	0,27	10,0	0,19	14,4
900	K-7	0,77	3,3	0,73	3,5	0,50	5,1	0,34	7,6	0,22	11,7
	K-9	0,43	6,0	0,42	6,2	0,34	7,7	0,25	10,2	0,18	14,7
1000	K-7	0,77	3,2	0,74	3,4	0,50	5,0	0,33	7,5	0,22	11,6
	K-9	0,48	5,2	0,47	5,3	0,37	6,9	0,27	9,4	0,19	13,7
1200	K-7	0,76	3,1	0,73	3,3	0,32	7,4	0,21	7,4	0,21	11,5
	K-9	0,50	4,8	0,46	5,2	0,36	6,7	0,26	9,3	0,18	13,7

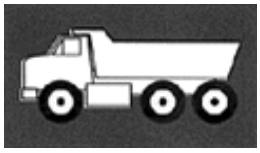
GRUPO DE SOLO C



Alturas de recobrimento
máximas e mínimas com carga rodante

Diametro Nominal DN	Classe	Tipo de Assentamento									
		Tipo1		Tipo2		Tipo3		Tipo4		Tipo5	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
80	K-9	0,10	31,0	0,10	32,0	0,10	33,1	0,09	35,4	0,08	40,7
100	K-9	0,13	24,4	0,13	25,3	0,12	26,2	0,11	28,2	0,10	32,7
150	K-7	0,25	11,9	0,24	12,5	0,23	13,2	0,21	14,6	0,17	17,9
	K-9	0,19	16,2	0,18	16,9	0,18	17,7	0,16	19,3	0,14	22,9
200	K-7	0,41	7,3	0,38	7,9	0,35	8,5	0,30	9,8	0,23	12,9
	K-9	0,25	12,1	0,24	12,8	0,23	13,5	0,20	15,0	0,17	18,4
250	K-7	0,59	5,1	0,52	5,7	0,47	6,4	0,38	7,8	0,27	11,0
	K-9	0,33	9,0	0,31	9,6	0,29	10,2	0,26	11,7	0,20	14,9
300	K-7	0,86	3,4	0,71	4,1	0,61	4,9	0,46	6,3	0,31	9,6
	K-9	0,39	7,6	0,36	8,2	0,34	8,8	0,29	10,3	0,22	13,6
350	K-7	1,36	2,1	0,96	3,1	0,74	3,9	0,53	5,4	0,33	8,7
	K-9	0,45	6,5	0,41	7,1	0,38	7,8	0,32	9,2	0,23	12,6
400	K-7	-	-	1,07	2,7	0,81	3,5	0,56	5,1	0,34	8,5
	K-9	0,49	5,8	0,44	6,5	0,40	7,2	0,33	8,7	0,24	12,2
450	K-7	-	-	1,24	2,3	0,87	3,3	0,58	4,9	0,34	8,3
	K-9	0,54	5,3	0,48	6,0	0,43	6,7	0,35	8,3	0,25	11,8
500	K-7	-	-	1,47	1,9	0,91	3,1	0,59	4,8	0,34	8,3
	K-9	0,57	4,9	0,50	5,7	0,44	6,4	0,35	8,0	0,25	11,6
600	K-7	-	-	-	-	0,94	2,9	0,58	4,7	0,33	8,4
	K-9	0,62	4,4	0,53	5,2	0,46	6,0	0,36	7,6	0,24	11,1
700	K-7	-	-	-	-	0,92	2,9	0,56	4,8	0,31	8,6
	K-9	0,67	4,0	0,56	4,8	0,48	5,7	0,37	7,4	0,24	11,4
800	K-7	-	-	-	-	0,88	3,0	0,54	4,9	0,30	8,8
	K-9	0,69	3,8	0,57	4,7	0,48	5,5	0,36	7,3	0,23	11,4
900	K-7	-	-	-	-	0,91	2,8	0,54	4,7	0,30	8,7
	K-9	0,64	4,0	0,53	4,8	0,45	5,7	0,34	7,5	0,22	11,6
1000	K-7	-	-	-	-	0,93	2,7	0,54	4,6	0,29	8,5
	K-9	0,80	3,1	0,63	4,0	0,52	4,8	0,38	6,6	0,24	10,7
1200	K-7	-	-	-	-	0,93	2,6	0,53	4,5	0,28	8,4
	K-9	0,89	2,6	0,63	3,7	0,51	4,6	0,37	6,5	0,23	10,6

GRUPO DE SOLO D



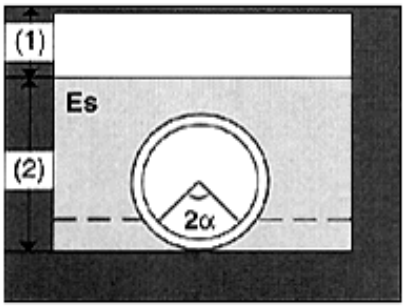
Alturas de recobrimento
máximas e mínimas com carga rodante

Diametro Nominal DN	Classe	Tipo de Assentamento									
		Tipo1		Tipo2		Tipo3		Tipo4		Tipo5	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
80	K-9	0,10	30,8	0,10	31,9	0,10	32,9	0,09	35,3	0,08	40,2
100	K-9	0,13	24,3	0,13	25,2	0,12	26,1	0,11	28,1	0,10	32,1
150	K-7	0,26	11,6	0,25	12,3	0,23	12,9	0,21	14,3	0,18	16,9
	K-9	0,19	16,0	0,19	16,7	0,18	17,4	0,16	19,0	0,14	22,1
200	K-7	0,43	6,9	0,40	7,5	0,37	8,1	0,32	9,5	0,26	11,6
	K-9	0,26	11,9	0,24	12,8	0,23	13,2	0,21	14,7	0,18	17,3
250	K-7	0,64	4,6	0,57	5,3	0,50	5,9	0,41	7,3	0,32	9,4
	K-9	0,35	8,6	0,32	9,3	0,30	9,9	0,27	11,3	0,22	13,7
300	K-7	1,10	2,8	0,82	3,6	0,68	4,30	0,51	5,8	0,37	7,9
	K-9	0,41	7,1	0,38	7,8	0,35	8,4	0,30	9,8	0,25	12,1
350	K-7	-	-	1,23	2,4	0,88	3,3	0,60	4,9	0,42	6,9
	K-9	0,48	6,0	0,44	6,7	0,40	7,3	0,33	8,8	0,27	11,0
400	K-7	-	-	-	-	1,01	2,8	0,64	4,5	0,44	6,6
	K-9	0,54	5,4	0,48	6,0	0,43	6,7	0,35	8,2	0,28	10,5
450	K-7	-	-	-	-	1,14	2,5	0,66	4,3	0,45	6,4
	K-9	0,59	4,8	0,52	5,5	0,46	6,2	0,37	7,7	0,29	10,0
500	K-7	-	-	-	-	1,28	2,2	0,68	4,1	0,45	6,3
	K-9	0,64	4,4	0,55	5,1	0,48	5,9	0,38	7,4	0,29	9,8
600	K-7	-	-	-	-	-	-	0,68	4,0	0,44	6,2
	K-9	0,72	3,8	0,60	4,6	0,51	5,3	0,39	7,0	0,30	9,4
700	K-7	-	-	-	-	-	-	0,67	4,0	0,43	6,3
	K-9	0,80	3,3	0,64	4,2	0,54	5,0	0,40	6,7	0,30	9,2
800	K-7	-	-	-	-	-	-	0,64	4,1	0,41	6,5
	K-9	0,86	3,0	0,67	3,9	0,55	4,8	0,40	6,6	0,29	9,1
900	K-7	-	-	-	-	-	-	0,65	4,0	0,41	6,3
	K-9	0,78	3,3	0,62	4,1	0,51	5,0	0,38	6,8	0,28	9,3
1000	K-7	-	-	-	-	-	-	0,65	3,9	0,40	6,2
	K-9	1,20	2,2	0,77	3,2	0,60	4,1	0,42	5,9	0,30	8,4
1200	K-7	-	-	-	-	-	-	0,64	3,7	0,39	6,0
	K-9	-	-	0,80	3,0	0,61	3,9	0,41	5,7	0,29	8,2

NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO

2α : ângulo de assentamento,
Es: módulo de reação do aterro (2),

(+) Zona de cobertura ou zona de aterro (1).
(++) Unicamente para zona de aterro (1).



Grupos de solo	Não compactado		Compactação controlada		Compactação controlada e verificada	
	Es	2α	Es	2α	Es	2α
	MPa	Grau	MPa	Grau	MPa	Grau
A (+)	0,7	60	2	90	5	120
B (+)	0,6	60	1,2	90	3	120
C (+)	0,5	60	1	90	2,5	120
D (+)	< 0,3	60	0,6	60	0,6	60
E (++)	0,7	-	2	-	5	-

TERRENOS INSTÁVEIS

As juntas elásticas com anel de elastômero dão às canalizações de ferro dúctil uma flexibilidade que constitui um elemento de segurança na travessia de terrenos instáveis, como regiões pantanosas, aterros sanitários, etc.

Em cada um desses casos, é conveniente avaliar a depressão potencial e tomar todas as precauções para minimizar o efeito do movimento do solo sobre a canalização. As medições no campo são sempre aconselháveis.

A experiência mostra que, quando ocorre um movimento do terreno, as canalizações devem poder acompanhar as deformações impostas pelas massas das terras em movimento, em lugar de resistir às tensões mecânicas (tensão axial e flexão), frequentemente consideráveis. As juntas dos tubos **Saint-Gobain Canalização** constituem zonas de tensão e de flexão nula, em seu ponto de deflexão angular.

Nas depressões extensas e uniformes, a junta confere à canalização o comportamento de uma corrente flexível. Sendo assim, os limites de deformação são fixados pela deflexão e movimento axial máximos admissíveis de cada junta.

Veja a seguir:

- Deslocamento admissível devido a deflexão nas juntas
- Comportamento de um trecho

DESLOCAMENTO ADMISSÍVEL DEVIDO À DEFLEXÃO NAS JUNTAS

Rebaixamento: $\Delta H = l \operatorname{tg} \theta$

Movimento axial: $\Delta l = (\Delta H^2 + l^2)^{1/2} - l$

l : comprimento do tubo (m)

θ: desvio angular admissível.

Exemplo

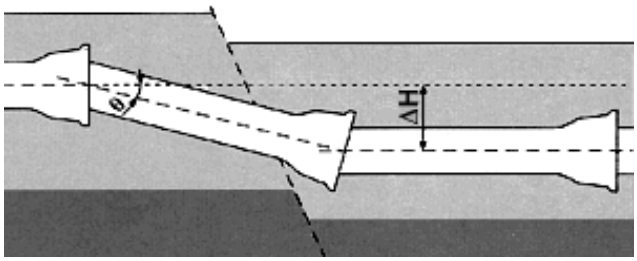
Para ΔH = 0,30m no DN 200

θ = 3° (4° admissível)

Δl = 7 mm (20 mm admissível com a junta JGS)

Não existe risco de desmontagem da junta, pois o movimento axial pode ser totalmente absorvido pela junta.

Solo



COMPORTAMENTO DE UM TRECHO

Rebaixamento: $\Delta H = 2\, l\, (\operatorname{tg}\theta + \operatorname{tg}2\theta + \operatorname{tg}3\theta + \ldots + \operatorname{tg} {}^{n}/_{4}\, \theta)$

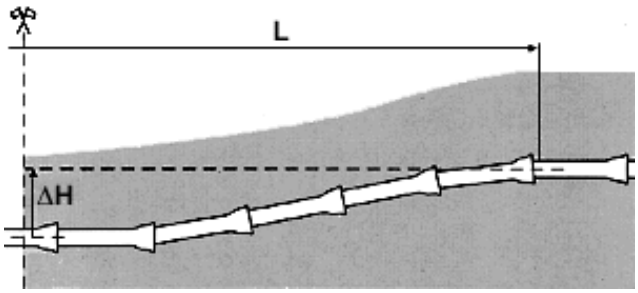
Alongamento axial: $\Delta L \approx (L^2 + \frac{16}{3} \Delta H^2)^{1/2} - L$ (para θ muito pequeno)

l = comprimento de um tubo

L = comprimento do trecho rebaixado

n = número de tubos do trecho rebaixado **(n = L ÷ l)**

A canalização se deforma acompanhando o terreno até os limites da não desmontagem, em função do jogo admissível das juntas.



Observação: Em casos de rebaixamento ocasionando comprimentos **ΔL** muito grandes, uma solução pode consistir em travar as juntas e completar o comprimento deste trecho com, peças colocadas nos limites entre as zonas estáveis e instáveis.

Exemplo

No DN 300, para **ΔH** = 0,5 m e **L** = 300 m:
$\theta_{médio}$ = 0,04° (4° admissível)
ΔL = 3 mm

Uma só junta pode suportar o movimento axial devido à curvatura feita pelo trecho de 300m rebaixado de 0,5m em seu eixo.

TRAVESSIA DE PONTE

Atravessar uma ponte com uma canalização constituída de elementos com bolsas consiste em definir:

- os suportes,
- a absorção das dilatações térmicas da ponte e da canalização,
- a ancoragem dos elementos submetidos aos empuxos hidráulicos.

Existem dois princípios de assentamento que se pode utilizar em função do projeto:

- canalização solidária à obra de arte,
- canalização não solidária à obra de arte.

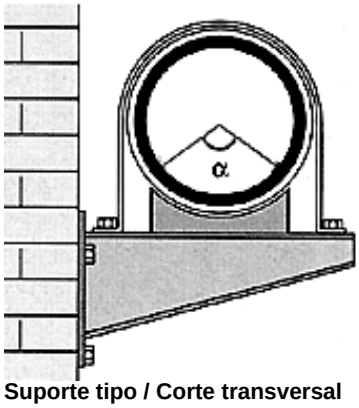
Os casos apresentados adiante correspondem a situações clássicas de travessia; são dados a título de exemplo e não são representativos da variedade de situações que se pode encontrar.

Cada ponte é um caso particular que deve ser estudado de maneira específica. É conveniente assegurar-se previamente de que a obra de arte pode suportar as canalizações e que as fixações de ancoragem são possíveis.

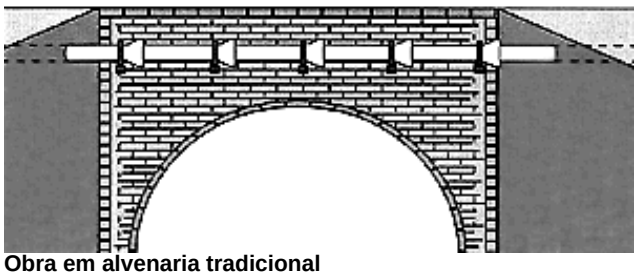
Veja a seguir:

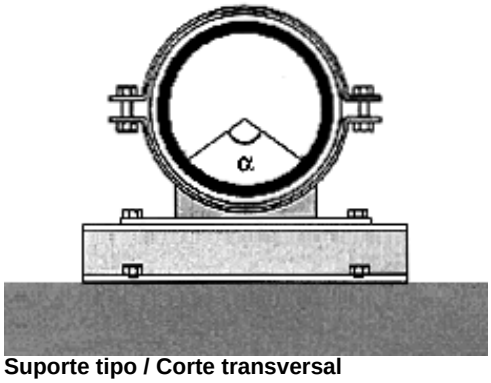
Canalização solidária a obra de arte
Canalização não solidária a obra de arte

CANALIZAÇÃO SOLIDÁRIA À OBRA DE ARTE

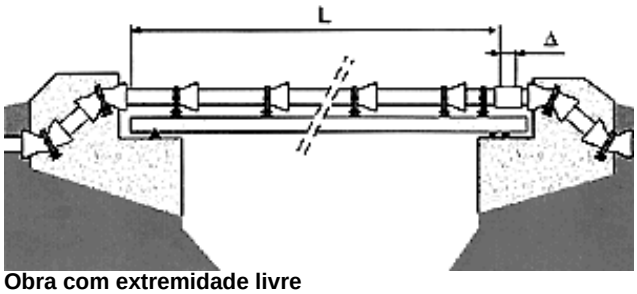


Suporte tipo / Corte transversal


Obra em alvenaria tradicional



Suporte tipo / Corte transversal



Obra com extremidade livre

Suportes

- Um suporte por tubo, colocado atrás de cada bolsa.
- Um berço de apoio (α = 120° é aconselhável).
- Um colar de fixação.
- Uma proteção de borracha entre o tubo e o suporte.

Dilatações térmicas

Dilatação relativa: Cada colar deve ser suficientemente apertado para constituir um conjunto fixo com a ponte. Entre cada um dos suportes, solidários à ponte e aos tubos, a junta elástica atua como uma junta de dilatação absorvendo a variação de um comprimento de tubo.

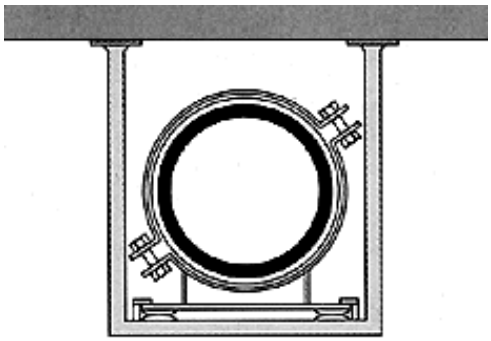
Dilatação global (ΔL): A dilatação global nas extremidades da ponte é compensada, seja por uma simples junta elástica (caso de obra em alvenaria tradicional), seja por uma peça que atue como uma junta de dilatação (caso de obra de arte com extremidade livre).

Ancoragem

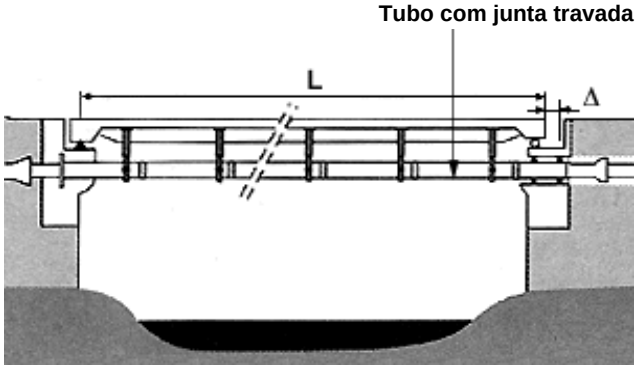
Cada elemento submetido a um empuxo hidráulico (curva, tê, válvula ...) deve ser sustentado por um sistema de ancoragem. Os suportes devem ser dimensionados para manter a canalização corretamente alinhada e resistir aos esforços hidráulicos. Recomenda-se prever um coeficiente de segurança de dimensionamento, a fim de compensar os esforços hidráulicos devidos a um eventual mau alinhamento da canalização.

CANALIZAÇÃO NÃO SOLIDÁRIA À OBRA DE ARTE

Corte transversal



Tubo com junta travada



Suportes

Cada suporte é solidário à canalização, independente dos movimentos da obra de arte. Existem várias técnicas, variando conforme a grandeza das dilatações: por deslizamento, rolamento sobre trilhos ou rodízios,etc.

As forças de deslizamento dos suportes devem ser compatíveis com o sistema de ancoragem da canalização:

- um suporte por tubo, colocado atrás de cada bolsa
- um berço de apoio,
- um colar de fixação,
- uma proteção de borracha entre o tubo e o suporte.

Dilatações térmicas

A canalização se dilata ou se contrai independentemente da obra de arte. As juntas são travadas: facilitam a montagem e participam da repartição da dilatação global da canalização, esta dilatação ΔL é transferida para a extremidade livre da canalizaçâo por uma junta de dilatação.

Ancoragem

Cada elemento submetido a um empuxo hidráulico (curva, tê, válvula ...) deve ser estabilizado por um sistema de ancoragem.

Os suportes deslizantes devem ser dimensionados para manter a canalização corretamente alinhada e suportar os efeitos do empuxo hidráulico. Recomenda-se prever um coeficiente de segurança de dimensionamento, a fim de compensar os esforços hidráulicos devidos a um eventual mau alinhamento da canalização.

ASSENTAMENTO AÉREO

No assentamento aéreo de uma canalização formada de elementos com bolsas deve-se definir:

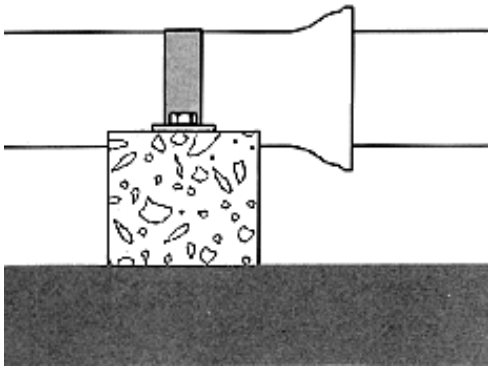
- os suportes,
- o método de absorção das dilatações térmicas,
- a ancoragem dos elementos submetidos aos empuxos hidráulicos.

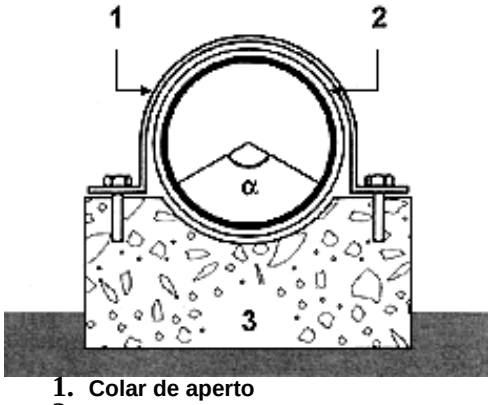
As canalizações de ferro dúctil com bolsa oferecem uma solução simples para a construção de adutoras de superfície.

Veja a seguir:

- Suportes
- Dilatação térmica
- Ancoragem

SUPORTES





1. **Colar de aperto**
2. **Proteção de borracha**
3. **Suporte de concreto**

Os parágrafos seguintes propõem os princípios gerais de uma solução clássica, com tubos ponta e bolsa:

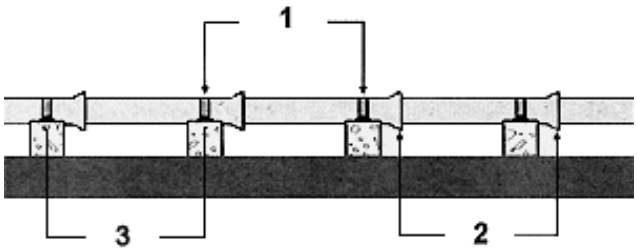
- um suporte por tubo, colocado atrás de cada bolsa
- um berço de apoio (α = 120° é aconselhável),
- um colar equipado com proteção de elastômero.

DILATAÇÃO TÉRMICA

A vantagem da canalização em ferro dúctil é evitar a instalação de juntas de dilatação.

Ponto fixo: Cada colar deve ser suficientemente apertado, para constituir um ponto fixo (prever uma largura de colar adequada).

Absorção de dilatações: Entre cada suporte, a junta elástica exerce o papel de compensador de dilatação, absorvendo a dilatação de um comprimento de tubo.

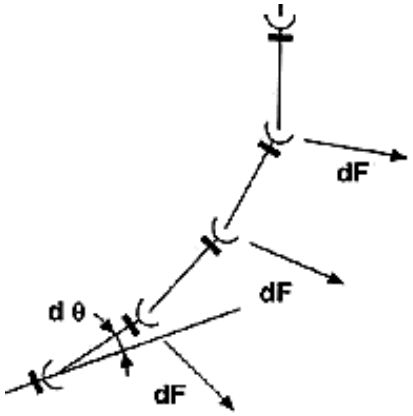


1. **Colares (pontos fixos)**
2. **Juntas (compensação das dilatações)**
3. **Vão livre (6 e 7m)**

ANCORAGEM

Cada elemento submetido a um empuxo hidráulico (curva, tê, redução) deve ser estabilizado por um bloco de ancoragem.

As mudanças de direção de grande raio de curvatura podem ser realizadas por simples desvio das juntas (nos limites das tolerâncias especificadas). Neste caso, é preciso tomar o cuidado de reforçar a ancoragem dos suportes, após ter avaliado os empuxos hidráulicos resultantes das juntas defletidas.



É necessário prever um coeficiente de segurança de dimensionamento, a fim de compensar os esforços hidráulicos devidos ao mau alinhamento eventual da canalização.

Nota: possibilidade de montagem aérea com **vãos livres de 12 e 14 m** sob consulta.

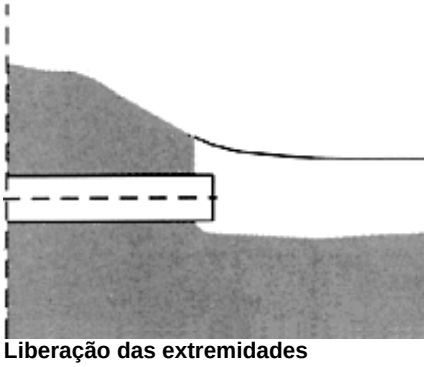
ASSENTAMENTO EM TUBO CAMISA

Assentar uma canalização em tubo camisa consiste em:

- centrar e guiar cada elemento dentro do tubo camisa,
- travar os elementos entre si para tracionar o conjunto.

As canalizações de ferro dúctil com bolsas permitem essas travessias sem maiores dificuldades.
Antes de preparar os colares-guia:

- liberar as extremidades do tubo camisa,
- verificar seu estado e seu alinhamento,
- assegurar-se de que o colar-guia é compatível com o diâmetro interno do tubo camisa.



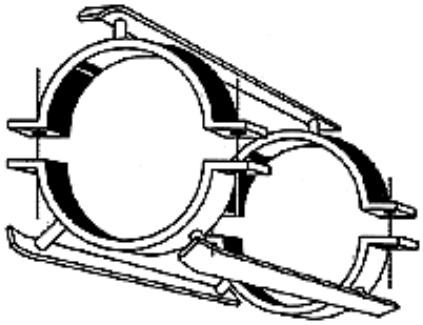
Liberação das extremidades e verificação do tubo camisa

Veja a seguir:

- Preparação dos colares-guia
- Instalação da canalização no tubo camisa
- Teste de pressão

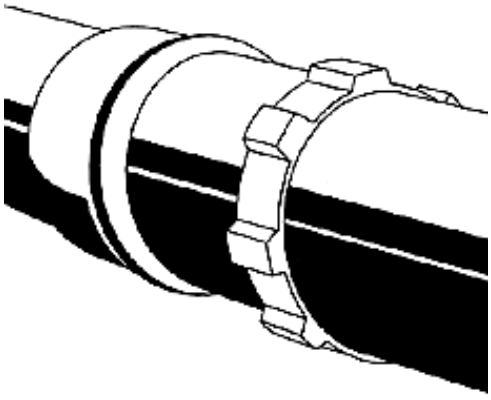
PREPARAÇÃO DOS COLARES-GUIA

Em função do diâmetro do tubo e da bolsa e eventualmente dos contra-flanges de travamento, deve-se confeccionar os colares-guia para suporte e centragem mais adequados às necessidades de tração da canalização no tubo camisa. A figura mostra um exemplo de colar-guia.



Assegurar-se de que a força de tração não ultrapassa a resistência das juntas travadas interna e externa.

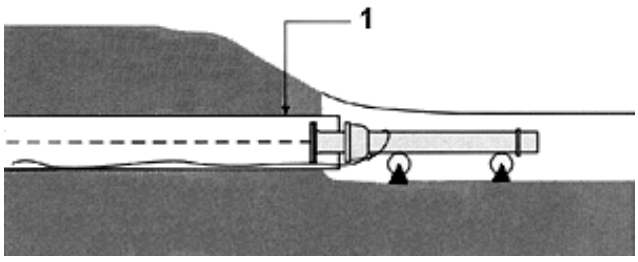
DN	Força de tração máxima	
	JTI	JTE
	kN	kN
80	12	-
100	20	-
150	44	-
200	50	-
250	78	-
300	113	261
350	-	288
400	-	376
450	-	477
500	-	589
600	-	763



INSTALAÇÃO DA CANALIZAÇÃO NO TUBO CAMISA

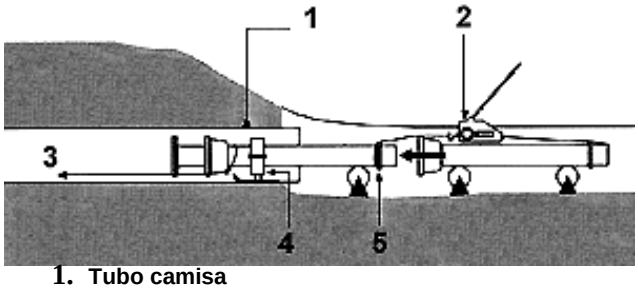
Com Junta Travada Interna e Junta Travada Externa

- Passar o cabo de aço por dentro do tubo camisa, enganchando-o na bolsa do primeiro tubo.
- Fixar os colares-guia atrás de cada bolsa.
- Tracionar o primeiro tubo para dentro do tubo camisa.
- Efetuar a montagem da ponta do primeiro tubo na bolsa do segundo tubo.
- Travar a junta, no caso de JTE.



Após o fim desta operação:

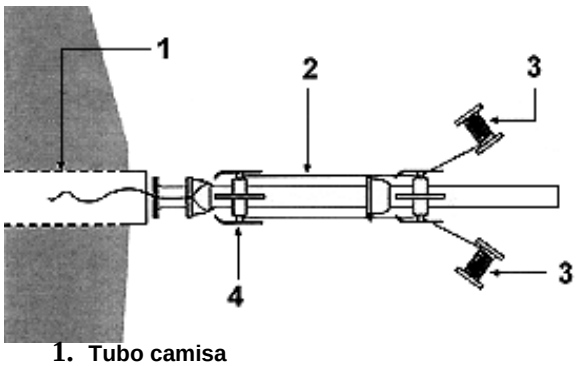
- tracionar o conjunto formado para dentro do tubo camisa,
- continuar o assentamento dos tubos travados até que o primeiro tubo apareça na outra extremidade do tubo camisa.



1. **Tubo camisa**
2. **Tirfor**
3. **Cabo de tração**
4. **Colar guia**
5. **Cordão de solda (só para tubos JTE)**

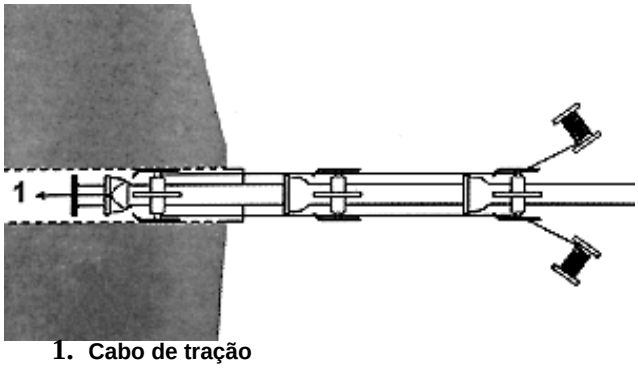
Com Junta JGS e Cabo de Travamento

- Passar o cabo de aço por dentro do tubo camisa, amarrando-o ao cabo de travamento.
- Fixar atrás de cada bolsa os colares-guia e de centragem equipados com uma fixação do cabo de travamento.
- Posicionar o primeiro tubo dentro do tubo camisa.
- Fixar o cabo de travamento e tracionar a canalização.



1. **Tubo camisa**
2. **Cabo de travamento**
3. **Bobinas**
4. **Colar guia**

- Efetuar a montagem da ponta do primeiro tubo na bolsa do segundo tubo.
- Fixar o cabo de travamento sobre o segundo suporte e continuar a tração da canalização.
- Continuar o assentamento dos tubos até o primeiro tubo aparecer na outra extremidade do tubo camisa.
- Desmontar o cabo de tração fixado sobre o primeiro tubo; o cabo de travamento permanece no seu lugar.



1. **Cabo de tração**

TESTE DE PRESSÃO

Após o assentamento dos tubos dentro do tubo camisa, é indispensável efetuar o teste de estanqueidade deste trecho.

ASSENTAMENTO EM DECLIVE

O assentamento de uma canalização de ferro dúctil em declive de fixação pode ser feito de duas maneiras:

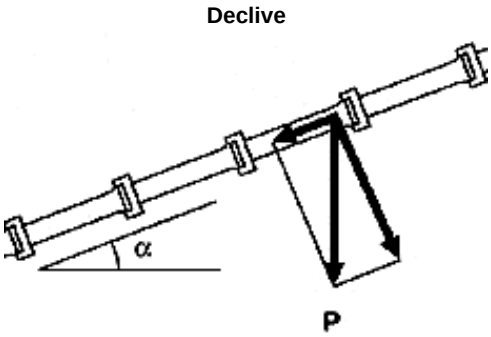
- fazendo blocos de concreto para cada tubo,
- fazendo blocos de concreto na cabeceira de um trecho travado.

Veja a seguir:

- Força axial
- Ancoragem tubo por tubo
- Ancoragem por trecho travado
- Dimensionamento de um bloco de ancoragem de um trecho enterrado

FORÇA AXIAL

Em alguns declives, os atritos entre a canalização e o terreno são insuficientes para manter a canalização montada. É necessário equilibrar a componente axial de gravidade pela utilização de blocos de ancoragem ou de juntas travadas.
As duas técnicas podem ser associadas.



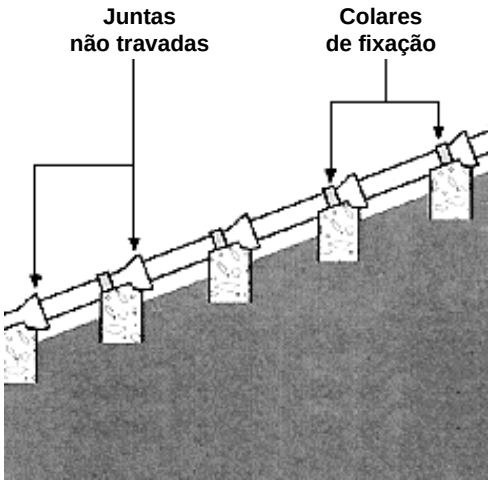
É conveniente ancorar uma canalização quando o declive ultrapassa:

- 20% numa canalização aérea,
- 25% numa canalização enterrada,

ANCORAGEM TUBO POR TUBO

Técnica indicada para assentamento aéreo

- Um bloco de ancoragem atrás de cada bolsa de tubo.
- As bolsas são direcionadas para cima, a fim de favorecer o apoio sobre os blocos.
- Folga de 10 mm deve ser deixada entre a ponta do tubo e fundo da bolsa, a fim de absorver as dilatações térmicas (condições clássicas de assentamento das juntas elásticas).

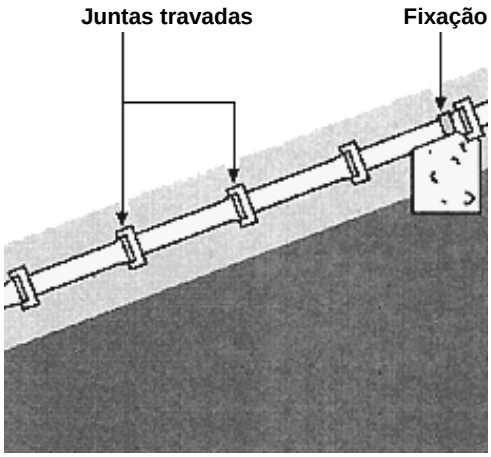


ANCORAGEM POR TRECHO TRAVADO

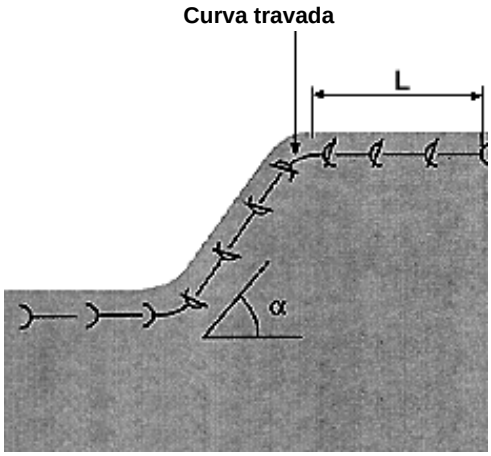
Técnica indicada para assentamento enterrado

Consiste em ancorar um trecho de canalização travada:

- seja por um bloco de ancoragem colocado na cabeceira do trecho, atrás da bolsa do primeiro tubo a montante,
- seja por um comprimento de travamento L suplementar, instalado na parte plana atrás da curva anterior a pendente.



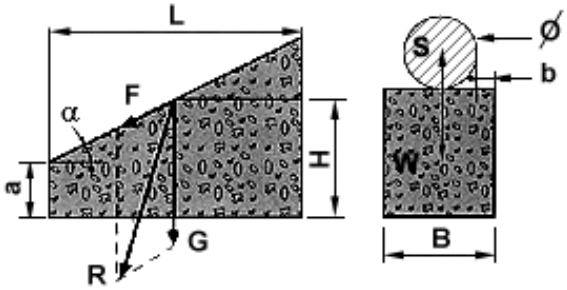
O esforço axial máximo é suportado pela primeira junta travada a jusante do bloco. Este esforço é função do declive, mas também do comprimento do trecho travado. O comprimento máximo admissível deve, portanto, ser definido pela resistência máxima da junta travada.



Observação: Se o comprimento do declive é superior àquele do trecho travado admissivel, é possível realizar a descida em vários trechos independentes, cada um ancorado na cabeceira por um bloco de concreto. Neste caso, não se trava as juntas das extremidades dos trechos.

Conselho de execução: É obrigatório realizar o assentamento a partir do ponto mais alto, a fim de que as juntas já fiquem na posição de receber esforços axiais.

DIMENSIONAMENTO DE UM BLOCO DE ANCORAGEM DE UM TRECHO ENTERRADO



a: altura menor do bloco de ancoragem

α: declividade

F: força de deslizamento

L: comprimento do bloco

b: 0,3 m mínimo

B: largura do bloco

H: altura equivalente do bloco de ancoragem

W: peso do tubo ou do trecho cheio de água

S: seção transversal

P_{max}: pressão de serviço admissível da junta travada

f: coeficiente de atrito solo/tubo

Φ: ângulo de atrito interno (Ver Características Mecânicas dos Solos)

G: peso do bloco

γ: massa específica do concreto (22000 N/m^3)

Ø: diâmetro da canalização

R: força resultante

- **Hipóteses**
  - **R** passa pelo terço central da base do bloco.
  - Não se leva em consideração o efeito do empuxo hidráulico sobre a curva superior.

- **Dimensões do Bloco**

$$L = \left(\frac{6\ F \cos \alpha}{\gamma\ B} \right)^{1/2}$$

H= 0,5 L tg α + a (a = 0,10m mínimo)

G= γ L B H

onde:

F = W (sen α - f cos α)

f = α_2 tg (0,8 Φ) com:

- α_2 = 1 tubo revestido com zinco + tinta betuminosa
- α_2 = 2/3 tubo revestido com manta de polietileno.

- **Condições suplementares a verificar:**
  - resistência da junta travada: **W < $P_{máx}$. S**
  - não deslizamento do bloco: **F cos α ÷ G $\leq$ 0,9 tg Φ** (senão, aumentar H).

ELASTÔMEROS

Os elastômeros utilizados nos anéis das juntas dos tubos e conexões **Saint-Gobain Canalização** para o transporte da água bruta, potável e na irrigação são geralmente em SBR (borracha sintética). São inspecionados de maneira rigorosa, objetivando manter suas características físico-químicas ao longo do tempo.

Veja a seguir:

- Manutenção das características ao longo do tempo
- Características físico-químicas
- Especificações e controle de qualidade

MANUTENÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS AO LONGO DO TEMPO

Envelhecimento dos elastômeros

Os elastômeros empregados nas juntas têm por função garantir a estanqueidade durante todo o tempo em que a canalização estiver em serviço. A experiência adquirida pela **Saint-Gobain Canalização** no campo das canalizações permite acompanhar e medir a evolução, ao longo do tempo, das propriedades dos diferentes tipos de elastômeros, a fim de selecionar os de melhor desempenho.

A evolução das características mecânicas dos elastômeros no tempo pode se caracterizar por dois fenômenos:

- a deformação permanente,
- a elasticidade.

Nos casos de juntas com bolsas, a estanqueidade é assegurada pela pressão de contato entre o anel da junta e o metal. A deformação do elastômero, ocorrida na montagem, é constante.

A elasticidade dos anéis de borracha é determinada por um método que consiste em medir a evolução, ao longo do tempo, da força necessária para manter um corpo de prova comprimido com deformação constante.

A análise de amostras retiradas das canalizações após muitos anos de serviço confirma o excelente comportamento dos anéis das juntas **Saint-Gobain Canalização** ao longo do tempo: as características físicas e mecânicas são conservadas pelos anéis testados, após vários anos de serviço.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Nas tabelas abaixo são indicadas as principais propriedades dos elastômeros utilizados pela **Saint-Gobain Canalização**.

SBR - Borracha sintética (Polímero de estireno-butadieno)

- Utilização: água bruta, tratada e irrigação.

Gama de dureza (shore A)	30 - 90
Massa específica (produto de base)	0,93
Resistência a dilacerações	boa a muito boa
Resistência à abrasão	excelente
Resistência à deformação permanente por compressão	boa
Resistência à oxidação	boa
Temperatura máxima de utilização	60° C

NBR - Nitrílica

- Utilização: líquidos agressivos e efluentes domésticos.

Gama de dureza (shore A)	40 - 95
Massa específica (produto de base)	1,00
Resistência a dilacerações	média
Resistência à abrasão	boa
Resistência à deformação permanente por compressão	boa
Resistência à oxidação	boa
Temperatura máxima de utilização	60° C

EPDM - Polímero etileno propileno

- Utilização: líquidos a alta temperatura

Gama de dureza (shore A)	40 - 90
Massa específica (produto de base)	0,86
Resistência a dilacerações	boa
Resistência à abrasão	boa e excelente
Resistência à deformação permanente por compressão	boa
Resistência à oxidação	excelente
Temperatura máxima de utilização	90° C

Observação: Na estocagem dos elastômeros, devem ser tomadas algumas precauções.

Ver **Estocagem dos Anéis de Junta** em **Informações Técnicas - Assentamento**.

ESPECIFICAÇÕES E CONTROLE DA QUALIDADE

Especificações

A caracterização dos elastômeros e as exigências mínimas para ulilização são normalizadas conforme normas NBR 7588 e/ou ISO 4633.

Controle da qualidade

Devido à importância dos anéis de junta na estanqueidade de uma rede, a **Saint-Gobain Canalização** colocou em prática um procedimento específico de garantia da qualidade mais exigente, que compreende:

- qualificação de fornecedor após avaliação de sua capacidade de fornecer regularmente um produto conforme as exigências técnicas,
- qualificação do tipo de elastômero, conformidade dos moldes de fabricação (aspecto e dimensões),
- qualificação dos anéis de junta após testes em protótipos, acompanhamento permanente do controle da qualidade no fornecedor e, paralelamente, a realização de testes nos laboratórios da própria **Saint-Gobain Canalização**.

Contato com a água potável

Os elastômeros utilizados nas juntas **Saint-Gobain Canalização** não alteram as características de potabilidade da água.

JUNTA ELÁSTICA - JGS

A junta elástica é automática. A estanqueidade é assegurada no momento da montagem pela compressão radial do anel de vedação em elastômero. Suas características principais são:

- a facilidade e a rapidez da instalação,
- a resistência a altas pressões,
- a possibilidade de deslocamento axial e a deflexão angular.

Normas: NBR 13747 e ISO 4633.

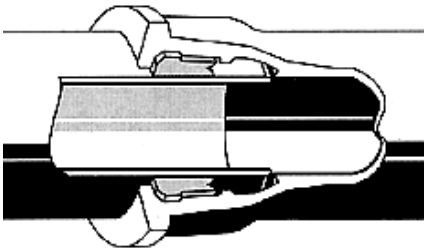
A junta JGS, denominação adotada pela **Saint-Gobain Canalização**, é idêntica à JE2GS descrita na noma NBR 13747.

Ver **Dimensões junta elástica - JGS** em **Informações Técnicas - Projeto**.

Veja a seguir:

- **Princípio**
- **Descrição**
- **Diâmetros & Campo de aplicação**
- **Desempenho**
- **Instalação & Normas**

PRINCÍPIO



A estanqueidade é realizada pela compressão radial do anel de vedação, obtida no momento da montagem, pela simples introdução da ponta do tubo no interior da bolsa.

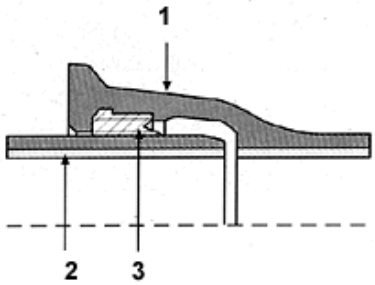
DESCRIÇÃO

A bolsa apresenta internamente:

- um alojamento com um batente de travamento onde se aloja o anel de vedação,
- um compartimento que permite os deslocamentos angulares e longitudinais dos tubos.

O anel de vedação apresenta:

- um ressalto de encaixe,
- um plano inclinado de centragem.



1. Bolsa
2. Ponta
3. Anel de junta em elastômero

DIÂMETROS

- Tubos e conexões: DN 80 a 2000

CAMPO DE APLICAÇÃO

- Canalizações enterradas.
- Altas pressões.
- Assentamento em solos com lençol freático.

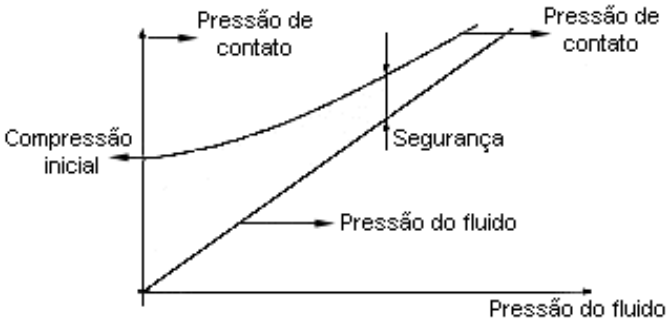
Esta junta pode ser igualmente utilizada no assentamento aéreo, graças as suas possibilidades de absorção das dilatações térmicas, evitando, assim, a colocação de uma peça especial para absorver a contração ou dilatação da canalização.

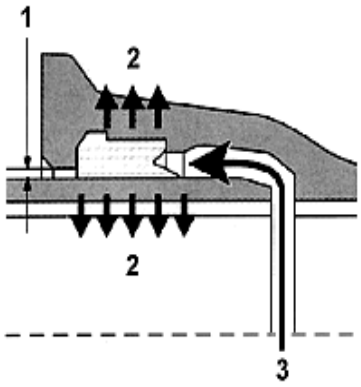
DESEMPENHO

Resistência à pressão

A concepção da junta JGS é tal que a pressão de contato entre o anel de vedação em elastômero e o metal aumenta à medida que a pressão interna cresce. Uma estanqueidade perfeita é então assegurada. Ver **Pressões de Serviço Admissíveis** em **Informações Técnicas - Projeto**.
Em um teste destrutivo, ocorre a ruptura do tubo e o anel da junta permanece inalterado.

A junta JGS se caracteriza também por uma excelente resistência à pressão externa: resiste a 0,3 MPa (30 metros de coluna de água). Para pressões superiores, consultar a **Saint-Gobain Canalização**.





1. Folga
2. Pressão de contato
3. Pressão do fluido

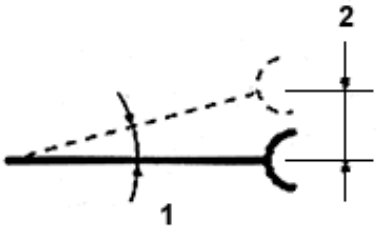
Deflexão angular e deslocamento axial

A importância da deflexão angular permitida pela junta JGS dá uma grande flexibilidade à concepção e ao assentamento da canalização, permitindo a eliminação de algumas curvas no seu traçado.

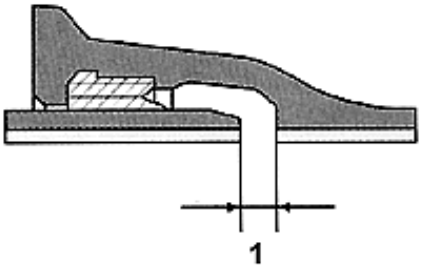
A junta JGS permite um deslocamento axial absorvendo dilatações de pequena amplitude.

O deslocamento axial deve ser considerado como uma segurança e não deve ser considerado para movimentos contínuos.

A deflexão angular e o afastamento permitidos pela junta JGS asseguram-lhe um excelente comportamento em caso de movimentação do terreno ou de escavações próximas à canalização.



1. **Deflexão**
2. **Desvio**



1. **Folga axial**

DN	Deflexão máxima admissível	Comprimento do Tubo	Afastamento (desvio)
	graus	m	cm
80 a 150	5°	6,0	52
200 a 300	4°	6,0	42
350 a 600	3°	6,0	32
700 a 800	2°	7,0	25
900 a 1200	1° 30'	7,0	19
1400 a 2000	1° 30'	8,15	21

DN	Deslocamento axial	
	Alinhado	Defletido
	mm	mm
80	30	22
100	30	18
150	30	18
200	30	20
250	30	15
300	30	10
350	38	15
400	38	15
450	38	12
500	38	10
600	30	0
700	30	15
800	30	8
900	30	8
1000	38	12
1200	38	7
1400	90	52
1500	100	52
1800	80	48
2000	80	25

INSTALAÇÃO

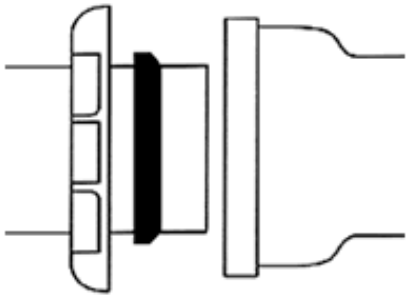
Ver **Montagem da Junta JGS** em **Informações Técnicas - Assentamento**.

NORMAS

Essa junta está em conformidade com as normas brasileiras NBR 13747 e ISO 4633.

JUNTA MECÂNICA - JM

A junta mecânica, utilizada em conexões com bolsas, tem a sua estanqueidade assegurada pela compressão axial do anel de borracha através de um contra-flange e parafusos.



Suas características principais são:

- montagem sem esforço de encaixe,
- possibilidade de desvio angular.

As juntas mecânicas são comumente utilizadas aonde há necessidade de se instalar derivações em redes existentes ou aonde há pouco espaço para a introdução de equipamentos de montagem.

- **Deflexão Angular**

DN	Deflexão máxima admissível	Afastamento
	graus	cm
80 a 150	5°	52
200 a 300	4°	42
350 a 600	3°	32
700 a 800	2°	25
900 a 1200	1° 30'	19

Norma: NBR 7677.

Ver Dimensões junta mecânica - JM em **Informações Técnicas - Projeto**.

JUNTA TRAVADA INTERNA - JTI

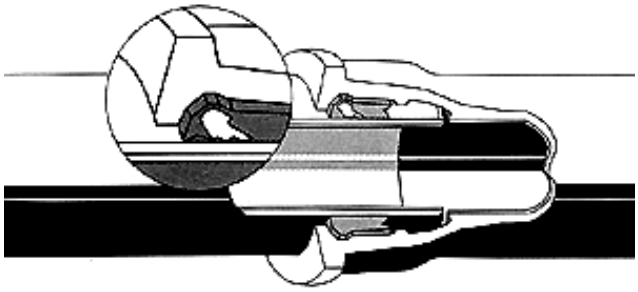
A junta travada interna JTI é uma junta elástica travada que permite a montagem de canalizações auto-ancoradas. O travamento sucessivo transfere os esforços axiais para o terreno, o que possibilita a eliminação dos blocos de ancoragem. Ela se adapta a todas as bolsas modelo JGS.

Ver **Dimensões Junta Travada Interna - JTI** em **Informações Técnicas - Projeto**.

Veja a seguir:

- Princípio
- Descrição
- Diâmetros & Campo de aplicação
- Montagem & Desempenho

PRINCÍPIO



O princípio básico do travamento das juntas consiste em transferir os esforços axiais de um elemento da canalização para o próximo, impedindo a desmontagem do conjunto.

O anel de borracha JTI permite, graças à presença dos insertos metálicos de fixação, travar as bolsas sobre a ponta lisa dos tubos, o que torna desnecessária a confecção de blocos de ancoragem.

Este travamento evita a necessidade de um cordão de solda na ponta do tubo, indispensável na junta travada JTE, e pode ser montado em qualquer ponta lisa dos tubos e das conexões com bolsas JGS.

DESCRIÇÃO

As garras metálicas são inseridas nos anéis de vedação. Elas se fixam sobre a ponta do tubo quando sob pressão, assegurando o travamento.

O anel de borracha possui um lábio, sobre a parte posterior, que protege as garras metálicas do contato com os meios externo e interno.

DIÂMETROS

DN 80 a 300, nos tubos e conexões JGS.

CAMPO DE APLICAÇÃO

A utilização da junta JTI é particularmente indicada quando não se pode construir blocos de ancoragem ou em terrenos de baixa resistência mecânica, assim como nos casos de canalizações assentadas em grandes declives ou encamisadas.

MONTAGEM

É idêntica à da junta JGS. Ver **Montagem da Junta - JTI** em **Informações Técnicas-Assentamento**.

DESEMPENHO

A junta JTI reune as vantagens das canalizações com juntas elásticas e das juntas soldadas.

Resistência à pressão

A estanqueidade destas juntas é embasada na qualidade reconhecida das juntas elásticas.

As pressões de serviço admissíveis (PSA) são as seguintes:

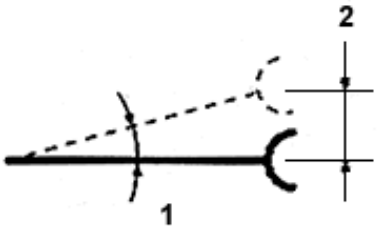
Tubos classe K9

- DN 80 a 150: 2,5 MPa.
- DN 200 a 300: 1,6 MPa.

Tubos classe K7

- DN 150: 1,6 MPa
- DN 200 a 300: 1,0 MPa

Deflexão angular



1. **Deflexão**
2. **Desvio**

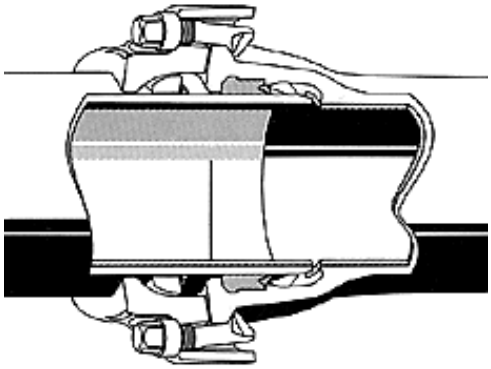
DN	Deflexão admissível no assentamento	Afastamento (desvio)
	graus	cm
80 a 150	5°	52
200 a 300	4°	42

Desmontagem

A junta JTI não é mais desmontável depois de a canalização ser pressurizada. Para desmontagem da junta JTI consultar a Saint-Gobain Canalização.

JUNTA TRAVADA EXTERNA - JTE

A junta travada externa JTE é uma junta elástica que permite a montagem de canalizações auto-ancoradas.



O travamento tem como função absorver os esforços axiais e eliminar a construção dos blocos de ancoragem em concreto.

Ver **Dimensões junta travada externa - JTE** em **Informações Técnicas - Projeto**.

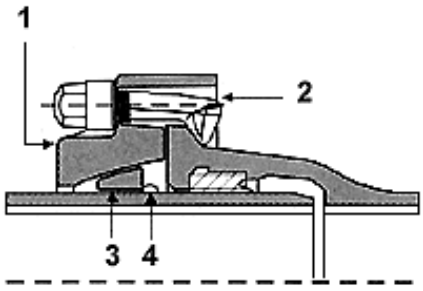
Veja a seguir:

- **Princípio**
- **Descrição**
- **Diâmetros & Campo de aplicação**
- **Montagem & Desempenho**

PRINCÍPIO

O princípio básico do travamento das juntas consiste em transferir os esforços axiais de um elemento da canalização para os tubos, sem permitir a desmontagem do conjunto (tubo/conexão).

As juntas travadas permitem repartir para um ou mais tubos os empuxos axiais que ocorrem em determinados pontos (curvas, tês, flange cego...), sem a necessidade de construir blocos de ancoragem em concreto.



Junta JTE

1. **Contra-flange**
2. **Parafuso**
3. **Anel**
4. **Cordão de solda**

DESCRIÇÃO

A estanqueidade é assegurada pelo anel da junta JGS.

A transferência dos esforços axiais faz-se através de um dispositivo mecânico independente daquele da estanqueidade, constituído de:

- anel de travamento, monobloco com segmentos com perfil externo esférico, que fica em contato com o cordão de solda.
- contra-flange especial (diferente da junta mecânica) que assegura o travamento da junta.
- parafusos e porcas em ferro dúctil.

DIÂMETROS

Tubos e conexões: DN 300 a 1200.

Obs.: Os tubos com JTE devem ser K9.

CAMPO DE APLICAÇÃO

A utilização das juntas travadas é particularmente indicada para os casos em que existem limitações de espaço para a construção de blocos de ancoragem, devido ao seu volume, ou em terrenos de baixa resistência, devido ao seu peso. É também indicada para instalação em terrenos com declividade acima de 25% ou travessias aéreas.

MONTAGEM

Ver **Montagem da Junta - JTE** em **Informações Técnicas - Assentamento**.

DESEMPENHO

As juntas travadas reunem as vantagens das canalizações com juntas flexíveis e das juntas soldadas.

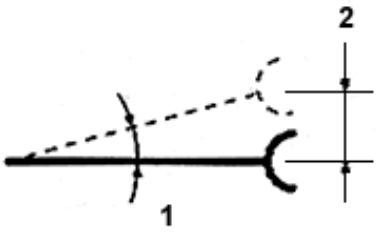
Estanqueidade

A estanqueidade das juntas baseia-se nas qualidades das juntas automáticas JGS.

Pressão

Ver **Pressões de Serviço Admissíveis.**

Deflexão angular



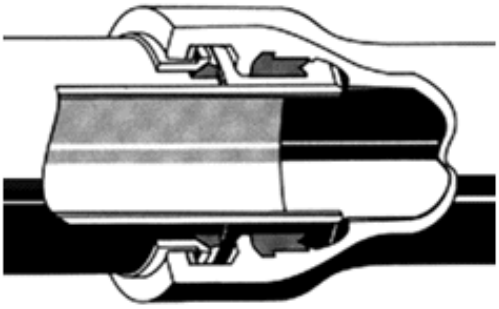
1. **Deflexão**
2. **Desvio**

DN	Deflexão admissível no assentamento	Afastamento (desvio)
	graus	cm
300	4°	42
350 a 600	3°	32
700 e 800	2°	25
900 a 1200	1° 30'	19

JUNTA PAMLOCK - JPK

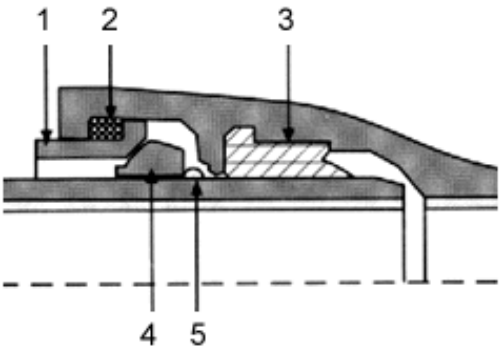
A Junta Pamlock (JPK) é equipada com um sistema de travamento particular, especialmente desenvolvido para os grandes diâmetros. A originalidade deste sistema se baseia na utilização de granalha, permitindo o travamento sem a utilização de parafusos.

A utilização de juntas travadas se baseia no princípio da distribuição dos esforços axiais ao longo da tubulação, eliminando a necessidade de construção de blocos de ancoragem.



Utilização: DN ≥ 1400

As juntas travadas resistem aos esforços axiais, provocados pelo empuxo existente em mudanças de direção (curvas, tês, reduções, placa cega e etc.), não permitindo a desmontagem dos elementos da canalização.



1. Anel conformador
2. Granalha
3. Anel em elastômero
4. Anel de trava
5. Cordão de solda

Na junta travada JPK:

- A estanqueidade do sistema é assegurada pelo anel em elastômero da junta JGS.
- O conjunto de travamento é composto de:
  - Um cordão de solda realizado no tubo em fábrica;
  - Um anel de trava em segmentos, unido por elementos em elastômero;
  - Um anel conformador em aço especial;
  - Granalha.

Este conjunto transmite os esforços axiais através da granalha introduzida no alojamento situado entre o anel conformador e a bolsa dos tubos.

Através de um sistema vibratório, a granalha é introduzida no alojamento existente entre o anel conformador e a bolsa do tubo, assegurando a distribuição uniforme dos esforços axiais em toda a superfície interna da bolsa. Este sistema não impede a continuidade da montagem dos elementos da canalização.

Durante os testes hidrostáticos, os movimentos eventuais da canalização também são limitados pela compressão residual da granalha.

Gama: DN 1400 à 2000

Domínio de aplicação

A utilização da junta Pamlock é indicada onde há dificuldade para a construção de blocos de ancoragem, seja pelo volume ocupado, pelas condições de solo ou pelo seu custo elevado.

Performance

A junta Pamlock acumula as vantagens das canalizações com juntas flexíveis.

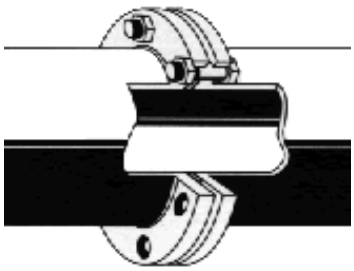
- **Estanqueidade**
  A estanqueidade desta junta se baseia nas reconhecidas qualidades da junta JGS
- **Deflexão Angular**
  DN 1400 à 1600: 1º ou 14 cm de afastamento na extremidade;
  DN 1800 e 2000: 0,5º ou 7 cm de afastamento na extremidade;

Montagem

Para a montagem da junta Pamlock, solicitar Informativo Técnico.

JUNTA COM FLANGES

A junta com flanges é constituída por dois flanges, uma arruela de vedação e parafusos cuja quantidade e dimensões dependem do PN e do DN do flange. A estanqueidade é assegurada pela compressão axial da arruela de vedação, obtida pelo aperto dos parafusos. Suas características principais são:



- a precisão de montagem,
- a possibilidade de montagem e desmontagem da linha.

A estanqueidade é diretamente função:

- do aperto dos parafusos,
- do material da arruela de vedação.

Dimensões, posicionamento e número de furos de passagem de parafusos nos flanges são fixados por normas brasileiras e internacionais, a fim de permitir a união de todos os tipos de conexões, bombas, válvulas e aparelhos ou outros acessórios.

Ver em **Informações Técnicas - Projeto:**

- **Dimensões Junta com Flanges PN 10**
- **Dimensões Junta com Flanges PN 16**
- **Dimensões Junta com Flanges PN 25**

Veja a seguir:

- **Tipos de flanges**
- **Campo de aplicação**
- **Desempenho**
- **Instalação & Normas**

TIPOS DE FLANGES

No caso de peças fundidas, os flanges constituem parte integral das peças.

No caso de peças em que os flanges serão montados posteriormente, estes são soldados, até o DN 600, ou roscados, nos DN 700 ou superiores.

Arruela de vedação

As arruelas de vedação são fornecidas em SBR (borracha sintética), nos casos de flanges classe PN 10, e em amianto grafitado, no caso de flanges classe PN 16 e PN 25.

CAMPO DE APLICAÇÃO

Os tubos e conexões com flanges são empregados geralmente em instalações não enterradas e em montagens dentro de caixas ou câmaras de alvenaria que abrigam válvulas e acessórios.

A precisão de montagem desta junta, assim como sua possibilidade de desmontagem, a torna especialmente indicada para montagem de peças em instalações não enterradas ou em poços de visita, tais como:

- estações de bombeamento,
- câmaras de válvulas,
- travessias aéreas,
- reservatórios.

DESEMPENHO

- Resistência à pressão

A resistência à pressão de uma peça com flanges é caracterizada pelo seu PN. Na maior parte dos casos, um tubo ou uma conexão com flanges não deve ser utilizado a uma pressão máxima superior à pressão correspondente ao seu PN.

INSTALAÇÃO

Ver **Montagem da Junta com Flanges** em **Informações Técnicas-Assentamento**.

NORMAS

NBR 7675: Tubos e conexões de ferro dúctil e acessórios para sistemas de adução água - Requisitos.
NBR 7560: Tubos de ferro fundido dúctil centrifugado com flanges roscados.
ISO 2531: Tubos, conexões e peças acessórias de ferro dúctil para canalização com pressão.

EMPUXOS HIDRÁULICOS

As forças de empuxo hidráulico aparecem em uma canalização sob pressão:

- cada mudança de direção (curvas, tês),
- cada mudança de diâmetro (reduções),
- cada extremidade (flanges cegos ou caps).

As forças de empuxo nestes pontos devem ser equilibradas, a fim de evitar a desmontagem das juntas, seja utilizando juntas travadas, seja construindo blocos de ancoragem.

Essas forças podem ser calculadas pela fórmula geral:

F = K.P.S

F: força de empuxo (N)

P: pressão interna máxima (pressão de teste na obra) (Pa)

S: seção transversal (interna para as juntas com flanges, externa para os outros tipos de juntas) (m^2)

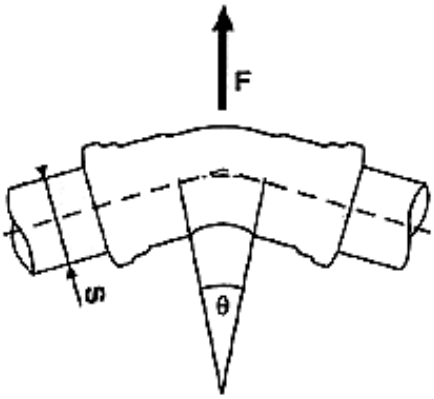
K: coeficiente, função da geometria da peça da canalização.

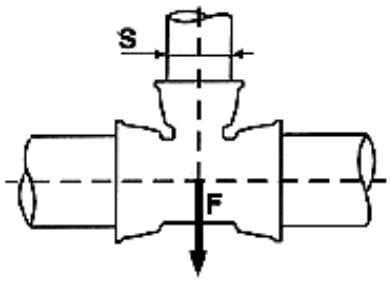
Flanges cegos, caps, tês: **K = 1**

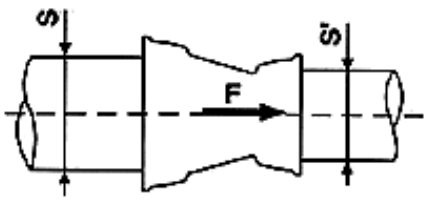
Reduções: $K = 1 - \frac{S'}{S}$ (S'= seção do menor diâmetro)

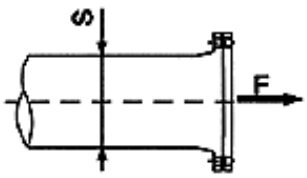
Curvas de ângulo θ: $K = 2 \sin(\theta \div 2)$

K = 1,414 para as curvas 90°
K = 0,765 para as curvas 45°
K = 0,390 para as curvas 22° 30'
K = 0,196 para as curvas 11° 15'









O quadro abaixo apresenta as forças de empuxo para uma pressão de 0,1 MPa. (Para pressões diferentes, multiplicar pelo valor em MPa da pressão de teste na obra).

DN	Empuxo F em N para uma pressão de 0,1 MPa				
	Flanges cegos, caps, tês	Curvas 90°	Curvas 45°	Curvas 22° 30'	Curvas 11° 15'
80	750	1060	580	290	150
100	1090	1540	840	430	210
150	2270	3190	1730	890	440
200	3870	5470	2960	1510	760
250	5900	8330	4510	2300	1160
300	8350	11800	6380	3260	1640
350	11220	15870	8590	4380	2200
400	14450	20440	11060	5640	2830
450	18090	25580	13840	7060	3550
500	22230	31420	17000	8670	4360
600	31670	44770	24220	12350	6210
700	42780	-	32720	16680	8390
800	55680	-	42600	21720	10920
900	70140	-	53640	27360	13750
1000	86260	-	65990	33650	16910
1200	123700	-	94630	48250	24250

BLOCOS DE ANCORAGEM

A utilização de blocos de ancoragem de concreto, é a técnica geralmente mais utilizada para equilibrar os esforços de empuxo hidráulico de uma canalização com bolsas, sob pressão.

Veja a seguir:

- Princípio
- Dimensionamento (casos comuns)
- Orientação para a execução

PRINCÍPIO

Diferentes tipos de blocos de ancoragem podem ser colocados segundo a configuração da canalização, a resistência e a natureza do solo, a presença ou não de lençol freático.

O bloco reage aos esforços de empuxo hidráulico de duas formas:

- por atrito entre o bloco e o solo (peso do bloco),
- por reação de apoio da parede da vala (engastamento).

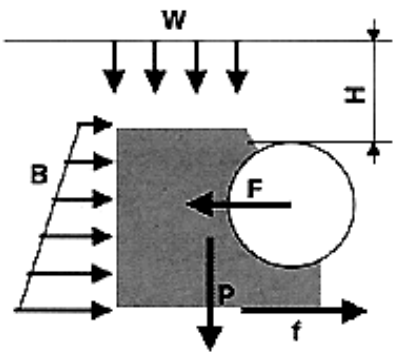
Na prática, os blocos de ancoragem são calculados levando em consideração o atrito e a resistência de apoio sobre o terreno.

Quando existem obstáculos ou se a má qualidade dos terrenos impossibilita a construção de blocos de ancoragem, é possível utilizar a técnica de travamento das juntas. Ver Travamento.

DIMENSIONAMENTO (CASOS COMUNS)

Os volumes de concreto propostos nos quadros adiante foram calculados levando em consideração o atrito sobre o solo e a reação com o terreno, em terrenos de características usualmente encontradas. Em casos de escavações posteriores, executadas próximas aos blocos de ancoragem, é conveniente reduzir a pressão da canalização durante os trabalhos. As hipóteses de cálculo são dadas a seguir. Em todos os outros, é necessário fazer os cálculos.

Forças envolvidas (bloco de ancoragem)



F: empuxo hidráulico
P: peso do bloco
W: peso do reaterro
B: apoio sobre a parede da vala
f: atrito sobre o solo
M: momento de tombamento.

Terreno

Φ: ângulo de atrito interno do solo
σ: resistência admissível do solo sobre uma parede vertical
H: altura de recobrimento: 1,20m
γ: massa específica

Característica mecânicas:

tabela 1:
Φ = 40°
$\sigma \approx$ 1 daN/cm^2
γ = 2 t/m^3
(terreno de boa resistência mecânica*)
Ver tabela 1 e tabela 2.

tabela 2:
Φ = 30°
$\sigma \approx$ 0,6 daN/cm^2
γ = 2 t/m^3
(terreno de média resistência mecânica*).

TABELA 1

Atrito interno: Φ = 40°
Resistência: σ = 1 daN / cm^2
Massa específica: γ = 2 t/m^3
Altura de recobrimento: **H** = 1,2 m
Sem lençol freático.

DN	Terreno de boa resistência mecânica					
	Pressão de teste	Curva 11° 15 l × h/V	Curva 22° 30 l × h/V	Curva 45° l × h/V	Curva 90° l × h/V	Flange cego l × h/V
	MPa	m × m/m^3	m × m/m^3	m × m/m^3	m × m/m^3	m × m/m^3
80	1,0	0,10×0,18/0,01	0,17×0,18/0,02	0,21×0,28/0,04	0,38×0,28/0,06	0,28×0,28/0,05
	1,6	0,13×0,18/0,01	0,18×0,28/0,03	0,33×0,28/0,05	0,59×0,28/0,11	0,43×0,28/0,07
	2,5	0,4×0,28/0,02	0,27×0,28/0,05	0,51×0,28/0,09	0,87×0,28/0,24	0,64×0,28/0,13
100	1,0	0,11×0,20/0,01	0,21×0,20/0,02	0,29×0,30/0,06	0,51 x0,30/0,10	0,37×0,30/0,07
	1,6	0,17×0,20/0,02	0,24×0,30/0,04	0,45×0,30/0,08	0,77×0,30/0,20	0,57×0,30/0,11
	2,5	0,19×0,30/0,03	0,36×0,30/0,06	0,67×0,30/0,15	1,14×0,30/0,43	0,85×0,30/0,24
150	1,0	0,18×0,25/0,03	0,26×0,35/0,06	0,48×0,35/0,12	0,83×0,35/0,27	0,61×0,35/0,16
	1,6	0,28×0,25/0,04	0,40×0,35/0,09	0,73×0,35/0,21	1,04×0,45/0,54	0,93×0,35/0,34
	2,5	0,32×0,35/0,08	0,60×0,35/0,16	1,08×0,35/0,46	1,50×0,45/1,12	1,13×0,45/0,63
200	1,0	0,24×0,30/0,05	0,37×0,40/0,12	1,68×0,40/0,24	0,98×0,50/0,54	0,86×0,40/0,33
	1,6	0,30×0,40/0,09	0,56×0,40/0,19	0,87×0,50/0,42	1,46×0,50/1,17	1,09×0,50/0,66
	2,5	0,45×0,40/0,14	0,84×0,40/0,32	1,27×0,50/0,89	1,84×0,60/2,24	1,58×0,50/1,37
250	1,0	0,31×0,35/0,08	0,48×0,45/0,20	0,75×0,55/0,35	1,28×0,55/0,99	0,95×0,55/0,55
	1,6	0,39×0,45/0,16	0,73×0,45/0,32	1,13×0,55/0,78	1,67×0,65/2,00	1,41×0,55/1,21
	2,5	0,59×0,45/0,24	0,93×0,55/0,53	1,63×0,55/1,61	2,36×0,65/3,98	1,81×0,65/2,34
300	1,0	0,37×0,40/0,12	0,59×0,50/0,28	0,93×0,60/0,58	1,41×0,70/1,53	1,17×0,60/0,91
	1,6	0,48×0,50/0,24	0,78×0,60/0,41	1,39×0,60/1,27	2,04×0,70/3,22	1,56×0,70/1,87
	2,5	0,63×0,60/0,27	1,15×0,60/0,87	1,79×0,70/2,48	2,64×0,80/6,14	2,04×0,80/3,65
350	1,0	0,43×0,45/0,18	0,61×0,65/0,27	1,11×0,65/0,88	1,67×0.75/2,30	1,26×0,75/1,31
	1,6	0,57×0,55/0,35	0,93×0,65/0,62	1,49×0,75/1,83	2,23×0,85/4,66	1,84×0,75/2,80
	2,5	0,75×0,65/0,41	1,23×0,75/1,26	1,96×0,85/3,61	2,76×1,05/8,83	2,26×0,95/5,34
400	1,0	0,49×0,50/0,25	0,71×0,70/0,39	1,17×0,80/1,20	1,79×0,90/3,18	1,46×0,80/1,87
	1,6	0,65×0,60/0,49	1,07×0,70/0,89	1,60×0,90/2,54	2,42×1,00/6,45	1,97×0,90/3,86
	2,5	0,87×0,70/0,59	1,43×0,80/1,80	2,13×1,00/5,02	2,94×1,30/12,33	2,48×1,10/7,44

TABELA 2

Atrito interno: Φ = 30°
Resistência: σ = 0,6 daN / cm^2
Massa específica: γ = 2 t/m^3
Altura de recobrimento: **H** = 1,2 m
Sem lençol freático.

DN	Terreno de resistência mecânica média					
	Pressão de teste	Curva 11° 15 l × h/V	Curva 22° 30 l × h/V	Curva 45° l × h/V	Curva 90° l × h/V	Flange cego l × h/V
	MPa	m × m/m^3	m × m/m^3	m × m/m^3	m × m/m^3	m × m/m^3

80	1,0	0,13×0,18/0,01	0,17×0,28/0,02	0,32×0,28/0,04	0,56×0,28/0,10	0,41×0,28/0,06
	1,6	0,14×0,28/0,02	0,26×0,28/0,04	0,49×0,28/0,08	0,85×0,28/0,23	0,63×0,28/0,13
	2,5	0,21×0,28/0,03	0,40×0,28/0,05	0,74×0,28/0,17	1,24×0,28/0,48	0,93×0,28/0,27
100	1,0	0,17×0,20/0,02	0,23×0,30/0,04	0,43×0,30/0,07	0,74×0,30/0,19	0,54×0,30/0,10
	1,6	0,18×0,30/0,03	0,35×0,30/0,05	0,65×0,30/0,15	1,11×0,30/0,41	0,83×0,30/0,23
	2,5	0,28×0,30/0,05	0,53×0,30/0,10	0,96×0,30/0,31	1,30×0,40/0,75	1,21×0,30/0,48
150	1,0	0,26×0,25/0,04	0,38×0,35/0,08	0,70×0,35/0,19	0,99×0,45/0,49	0,89×0,35/0,31
	1,6	0,31×0,35/0,06	0,59×0,35/0,14	1,06×0,35/0,43	1,46×0,45/1,06	1,10×0,45/0,60
	2,5	0,47×0,35/0,10	0,87×0,35/0,30	1,27×0,45/0,81	2,28×0,45/2,12	1,58×0,45/1,24
200	1,0	0,29×0,40/0,07	0,54×0,40/0,14	0,83×0,50/0,38	1,39×0,50/1,07	1,05×0,50/0,61
	1,6	0,44×0,40/0,12	0,82×0,40/0,30	1,24×0,50/0,85	1,79×0,60/2,12	1,54×0,50/1,30
	2,5	0,66×0,40/0,20	1,02×0,50/0,58	1,77×0,50/1,73	2,51×0,60/4,15	1,93×0,60/2,47
250	1,0	0,37×0,45/0,12	0,70×0,45/0,25	1,08×0,55/0,71	1,60×0,65/1,83	1,35×0,55/1,11
	1,6	0,57×0,45/0,19	0,91×0,55/0,50	1,42×0,65/1,45	2,10×0,75/3,66	1,76×0,65/2,22
	2,5	0,74×0,55/0,33	1,32×0,55/1,06	2,02×0,65/2,92	2,72×0,85/6,91	2,27×0,75/4,24
300	1,0	0,46×0,50/0,19	0,75×0,60/0,37	1,32×0,60/1,16	1,95×0,70/2,94	1,49×0,70/1,71
	1,6	0,61×0,60/0,25	1,12×0,60/0,83	1,75×0,70/2,36	2,40×0,90/5,71	1,98×0,80/3,46
	2,5	0,91×0,60/0,55	1,46×0,70/1,64	2,27×0,80/4,53	3,12×1,00/10,73	2,58×0,90/6,61
350	1,0	0,54×0,55/0,27	0,89×0,65/0,57	1,42×0,75/1,67	2,13×0,85/4,25	1,76×0,75/2,56
	1,6	0,73x0,65/0,39	1,20×0,75/1,20	1,91×0,85/3,42	2,69×1,05/8,33	2,20×0,95/5,05
	2,5	1,08×0,65/0,84	1,73×0,75/2,46	2,51×0,95/6,58	3,25×1,35/15,73	2,88×1,05/9,61
400	1,0	0,62×0,60/0,38	0,94×0,80/0,78	1,53×0,90/2,32	2,31×1,00/5,89	1,89×0,90/3,53
	1,6	0,85×0,70/0,56	1,39×0,80/1,71	2,08×1,00/4,75	2,85×1,30/11,63	2,41×1,10/7,03
	2,5	1,14×0,80/1,15	1,85×0,90/3,39	2,63×1,20/9,12	3,63×1,50/21,79	2,96×1,40/13,49

Ausência de lençol freático.

* Ver **Características Mecânicas dos Solos.**

Concreto

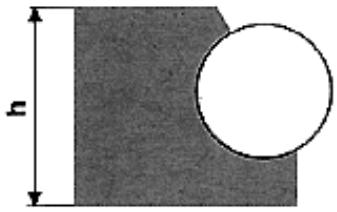
Massa específica: 2,3 t/m3

Canalização

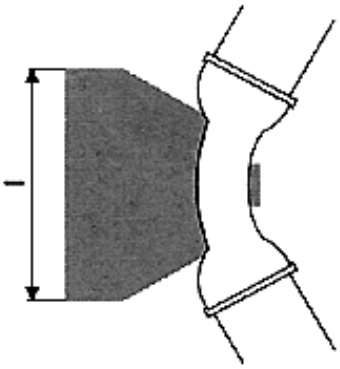
DN 100 a DN 400
Pressão de teste: 1,0, 1,6 e 2,5 MPa.

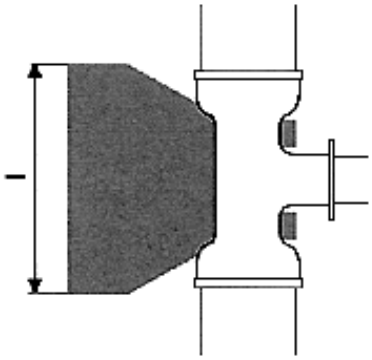
Exemplo

Curva 22° 30' DN 250
Pressão de teste: 1,0 MPa
Altura de recobrimento: 1,2 m
Terreno argiloso: $\Phi = 30°$ $\gamma = 2$ t/m^3



A tabela 2 apresenta:
l × h = 0,70 m × 0,45 m
V = 0,25 m^3





ORIENTAÇÃO PARA A EXECUÇÃO

É importante que o concreto seja vazado diretamente no terreno, e que possua resistência mecânica suficiente.

No momento da concepção do bloco de ancoragem, deixar as juntas livres, a fim de permitir sua inspeção durante o teste hidráulico.

TRAVAMENTO

O travamento dos tubos e conexões com bolsas é uma técnica alternativa aos blocos de ancoragem, para equilibrar os efeitos dos empuxos hidráulicos. É essencialmente empregado quando existem obstruções (zona urbana) ou em terrenos com baixa resistência mecânica.

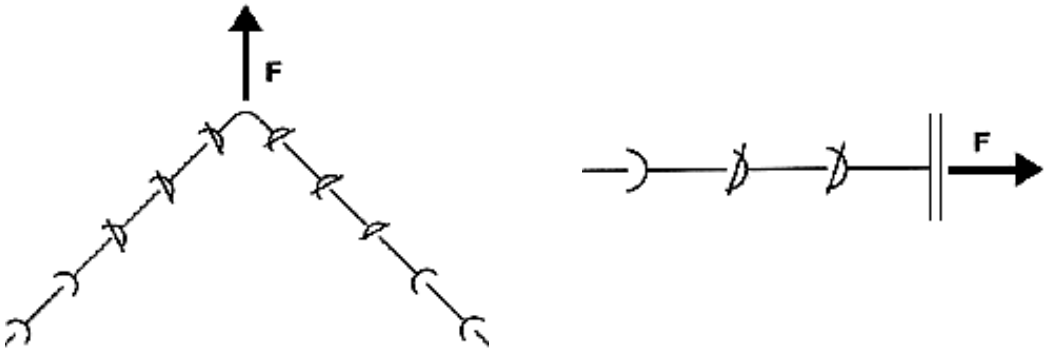
Veja a seguir:

- Princípio
- Cálculo dos comprimentos a travar (método de Alabama)
- Aplicação prática
- Exemplo

PRINCÍPIO

Esta técnica consiste em travar as juntas por um comprimento suficiente, a montante e a jusante de uma mudança de direção, a fim de utilizar as forças de atrito solo/tubo para equilibrar a força de empuxo hidráulico.

O cálculo do comprimento a travar é independente do sistema de travamento utilizado.

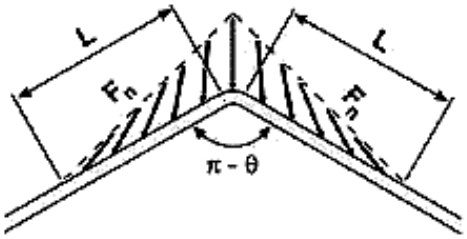


CÁLCULO DOS COMPRIMENTOS A TRAVAR (MÉTODO DE ALABAMA)

Comprimento a travar

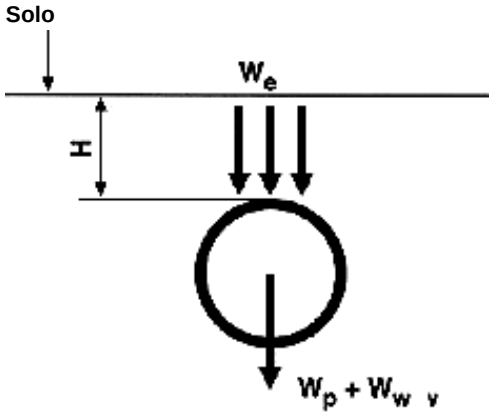
$$L = \frac{PS}{F_n}\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta}{2}\right) tg\,\frac{\theta}{2} \times c$$

L: comprimento a travar (m)
P: pressão de teste na obra (Pa)
S: seção transversal (m^2)
θ: ângulo da curva (radiano)
F_n: força de atrito por metro de tubo (N)
c: coeficiente de segurança (1,2 em geral)



$$Fn = K.f\ (2\ W_e + W_p + W_w)$$

W_p: peso específico do tubo vazio(N/m)
W_w: peso específico da água (N/m)
W_e: peso específico do reaterro (N/m)
f: coeficiente de atrito solo/tubo
K: coeficiente de distribuição das pressões do reaterro em volta dos tubos (segundo compactação K=1,1 a 1,5)



$$We = \gamma\ HD\ .\ \alpha_1$$

α_1 = 2/3 (teste com juntas descobertas)
D: diâmetro externo do tubo (m)
H: altura de recobrimento (m)
γ: massa específica do solo (kg/m^3)

$$f = \alpha_2\ tg\ (0{,}8\ \Phi)$$

α_2 = 1; tubo revestido com zinco + pintura betuminosa)
α_2 = 2/3; tubo com manta de polietileno, escolhendo:
Φ = ângulo de atrito interno
$K . f = mín\ [K . {}^2/_3\ tg\ (0{,}8\ \Phi);\ 0{,}3]$

O comprimento a travar pode ser alterado em função da segurança, que depende:

- dos cuidados no assentamento,
- da qualidade e da compactação do reaterro,
- da incerteza das características físicas do reaterro.

θ	$\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\theta}{2}\right) tg \frac{\theta}{2}$
Flange cego	1
Curva 90°	0,7854
Curva 45°	0,4880
Curva 22° 30'	0,2734
Curva 11° 15'	0,1450

É conveniente, em tal circunstância, levar em consideração a presença, parcial ou não, do lençol freático, corrigindo o peso do tubo cheio pelo empuxo de Arquimedes correspondente.

APLICAÇÃO PRÁTICA

Caso de um terreno de resistência mecânica média:

- terreno: cascalho areias, argila
- ângulo de atrito interno Φ = 30°
- resistência $\sigma \approx$ 0,6 daN/cm^3
- massa específica γ = 2000 kg/m^3
- sem lençol freático
- tubo revestido com zinco + pintura betuminosa
- coeficiente de segurança: 1,2

Ver tabela na página seguinte.

Caso de uma pressão P diferente de 1,0 MPa

Corrigir o valor L da tabela pelo fator multiplicativo L x P (onde P é expresso em MPa).

Caso de utilização da manta de polietileno

Multiplicar o comprimento a travar da **tabela** abaixo por 1,9. Não esquecer o fator multiplicativo descrito acima, se houver.

EXEMPLO

Calcular o comprimento de travamento para:

- uma curva 45°
- canalização DN 500, classe K9
- pressão de teste de 2,5 MPa
- sem manta de polietileno
- terreno médio
- sem lençol freático
- altura de cobertura 1,5 m

Para as condições de assentamentos *médios* definidas anteriormente, a tabela apresenta:

- L = 9,5 m P = 1,0 MPa, sem manta de polietileno
- L = 23,8 m P = 2, 5 MPa, sem manta de polietileno

Comprimento (em m) a travar de um lado e do outro para uma pressão de teste de 1,0 MPa, qualquer que seja o sistema de travamento utilizado:

DN	Alturas de Recobrimento														
	Curva 90°			Curva 45°			Curva 22° 30'			Curva 11° 15'			Flange cego		
	1 m	1,5 m	2 m	1 m	1,5 m	2 m	1 m	1,5 m	2 m	1 m	1,5 m	2 m	1 m	1,5 m	2 m
80	4,5	3,1	2,3	2,8	1,9	1,5	1,6	1,1	0,8	0,8	0,6	0,5	5,7	3,9	3,0
100	5,4	3,7	2,8	3,4	2,3	1,8	1,9	1,3	1,0	1,0	0,7	0,5	6,9	4,7	3,6
150	7,7	5,3	4,0	4,8	3,3	2,5	2,7	1,8	1,4	1,4	1,0	0,7	9,8	6,7	5,1
200	9,9	6,8	5,2	6,1	4,2	3,2	3,4	2,4	1,8	1,8	1,3	1,0	12,6	8,7	6,6
250	12,0	8,3	6,4	7,5	5,2	4,0	4,2	2,9	2,2	2,2	1,5	1,2	15,3	10,6	8,1
300	14,1	9,8	7,5	8,7	6,1	4,7	4,9	3,4	2,6	2,6	1,8	1,4	17,9	12,5	9,6
350	16,0	11,2	8,6	9,9	7,0	5,4	5,6	3,9	3,0	2,9	2,1	1,6	20,3	14,3	11,0
400	17,9	12,6	9,7	11,1	7,8	6,0	6,2	4,4	3,4	3,3	2,3	1,8	22,8	16,0	12,4
450	19,7	14,0	10,8	12,3	8,7	6,7	6,9	4,9	3,8	3,6	2,6	2,0	25,1	17,8	13,8
500	21,5	15,3	11,9	13,4	9,5	7,4	7,5	5,3	4,1	4,0	2,8	2,2	27,4	19,5	15,1
600	25,0	17,9	14,0	15,5	11,1	8,7	8,7	6,2	4,9	4,6	3,3	2,6	31,8	22,8	17,8
700	28,2	20,4	16,0	17,5	12,7	9,9	9,8	7,1	5,6	5,2	3,8	2,9	35,8	25,9	20,3
800	31,2	22,8	17,9	19,4	14,1	11,1	10,9	7,9	6,2	5,8	4,2	3,3	39,8	29,0	22,8
900	34,1	25,0	19,8	21,2	15,6	12,3	11,9	8,7	6,9	6,3	4,6	3,7	43,4	31,9	25,2
1000	36,9	27,2	21,6	22,9	16,9	13,4	12,8	9,5	7,5	6,8	5,0	4,0	46,9	34,7	27,5
1200	41,9	31,4	25,1	26,0	19,5	15,6	14,6	10,9	8,7	7,7	5,8	4,6	53,4	40,0	32,0

ÁGUAS AGRESSIVAS OU CORROSIVAS

As águas transportadas em uma canalização podem apresentar características físico-químicas muito diferentes. Uma água pode ser caracterizada por sua corrosividade (propensa a atacar os metais não revestidos) e sua agressividade (contra os materiais à base de cimento).

As canalizações da **Saint-Gobain Canalização** apresentam revestimentos internos que lhes permitem transportar os diferentes tipos de águas encontrados.

O comportamento de uma água em relação aos metais ferrosos e aos revestimentos à base de cimento depende de vários fatores: mineralização, teor de oxigênio, condutividade elétrica, pH, temperatura, etc.

Veja a seguir:

Águas corrosivas
Águas agressivas

ÁGUAS CORROSIVAS

Definição

Certos tipos de águas atacam as canalizações metálicas não revestidas internamente. As reações químicas produzem hidróxido de ferro, depois hidróxido férrico, e acarretam a formação de nódulos ou tubérculos, podendo, a longo prazo, diminuir a seção da canalização e aumentar as perdas de carga de maneira significativa.

Comprovação do Fenômeno

Encontramos este fenômeno nas antigas canalizações sem revestimento interno de cimento. Hoje, as canalizações em ferro dúctil da **Saint-Gobain Canalização** são revestidas internamente de argamassa de cimento, o que elimina este risco.

Verifica-se que a corrosão pelas águas potáveis é um processo geralmente lento. As normas de potabilidade recomendam a distribuição de águas não corrosivas e não agressivas, garantindo a manutenção da qualidade das águas e a proteção das canalizações e instalações públicas e privadas.

ÁGUAS AGRESSIVAS

Definição

A agressividade de uma água se define por sua possibilidade de atacar os materiais contendo cálcio (exemplo: aglomerados hidráulicos). Três casos podem se apresentar, segundo a análise química, a mineralização, o pH e a temperatura da água transportada:

- uma água em equilíbrio cálcio-carbono não acarreta, para uma temperatura dada, ataque nem precipitação de carbonato de cálcio,
- uma água inscrustante tende a depositar os sais de cálcio (carbonato...) sobre a parede interna das canalizações,
- uma água agressiva pode atacar certos elementos da argamassa de cimento, que contém cálcio (cal, silicato ou sílico-aluminato de cálcio).

Medição

A determinação da agressividade se faz à base de análises da água, seja por meio gráfico ou ábacos permitindo situar a água examinada em relação a uma curva de equilíbrio, ou, mais simplesmente, por programa de computador. Este meio rápido permite caracterizar a água, em

função de diferentes temperaturas, e calcular o CO_2 agressivo assim como os índices característicos, como, por exemplo, o índice de saturação de *Langelier*, que corresponde à diferença entre o pH real da água e o pH de saturação.

A regulamentação sobre a qualidade das águas potáveis exige cada vez mais que não sejam nem agressivas nem corrosivas.

Todavia, dada a grande variedade de águas transportadas, é possível encontrar algumas pouco mineralizadas (águas doces), podendo atacar os materiais em contato com elas assim como águas corrosivas e/ou agressivas. Ver **Revestimentos Internos**.

REVESTIMENTOS INTERNOS

Um revestimento interno tem por função:

- garantir a manutenção do desempenho hidráulico da canalização ao longo do tempo,
- evitar todo o risco de ataque à parede interna pelas águas transportadas,
- manter a qualidade da água transportada.

DEFINIÇÃO

Os revestimentos internos dos tubos **Saint-Gobain Canalização** podem ser classificados em duas categorias, de acordo com a agressividade das águas transportadas:

- o revestimento clássico, com argamassa de cimento de alto-forno, apropriado para a grande maioria das águas brutas e potáveis,
- o revestimento reforçado, com cimento aluminoso, apropriado para águas agressivas (águas doces, ácidas, fortemente abrasivas).

Ver **Águas Agressivas ou Corrosivas**.

ARGAMASSA DE CIMENTO

A proteção interna clássica dos tubos **Saint-Gobain Canalização** é constituída de uma argamassa de cimento de alto-forno. Aplicado por centrifugação, este revestimento assegura:

- excelentes condições de escoamento hidráulico, conservadas ao longo do tempo,
- a manutenção da potabilidade da água transportada,
- uma proteção eficaz da parede do tubo.

Veja a seguir:

- Processo de aplicação
- Escoamento / Desempenho hidráulico
- Mecanismo de proteção
- Propriedades mecânicas
- Normas

PROCESSO DE APLICAÇÃO

O revestimento interno de argamassa de cimento é aplicado por centrifugação. Neste processo, utilizado pela **Saint-Gobain Canalização**, o cimento é aplicado no tubo, que gira em grande velocidade, o que assegura uma boa qualidade do revestimento interno, A argamassa de cimento é curada em seguida, a fim de se conseguir uma boa resistência mecânica. O processo da centrifugação possui a vantagem de produzir uma superfície interna lisa, composta de partículas mais finas, e de reduzir a relação água/cimento por eliminação da água. As propriedades seguintes resultam deste processo:

- forte compactação e baixa porosidade da argamassa,
- baixa rugosidade,
- boa aderência do cimento,

ESCOAMENTO/DESEMPENHO HIDRAÚLICO

A argamassa de cimento apresenta uma superfície interna de baixa rugosidade, o que favorece o escoamento, diminuindo as perdas de carga e garantindo, ao longo tempo, o desempenho hidráulico. O coeficiente de rugosidade (fórmula de *Colebrook*) de um só tubo é k = 0,03 mm. A **Saint-Gobain Canalização** recomenda, entretanto, utilizar no dimensionamento de redes de água potável o valor k = 0,1 mm, a fim de levar em conta as diversas perdas de cargas localizadas. Ver Perdas de Carga.

MECANISMO DE PROTEÇÃO

O revestimento interno de argamassa de cimento é um revestimento ativo. Não se trata de uma simples proteção, mas sim de um revestimento que participa quimicamente da proteção do ferro pelo fenômeno de passivação. No momento do enchimento, a água encharca a argamassa de cimento e se enriquece de elementos alcalinos. Sendo assim, não provoca corrosão ao atingir a parede metálica.

Colmatação de fissuras

A colmatação de fissuras é reconhecida e levada em conta pela normalização. Pequenas fissuras podem ser observadas no revestimento interno de argamassa de cimento, Porém, quando os tubos são colocados em uso, essas fissuras desaparecem sob o efeito de duas reações:

- o inchamento (rápido) da argamassa de cimento, quando do enchimento com água da canalização,
- a hidratação (lenta) dos elementos constituintes do cimento.

PROPRIEDADES MECÂNICAS

Dilatação

O coeficiente de dilatação térmica linear dos revestimentos internos de argamassa de cimento é de aproximadamente 12 x 10^{-6} m/m/°C, valor quase idêntico ao do ferro dúctil (11 x 10^{-6} m/m/°C), o que elimina os riscos de fissuras por dilatação térmica diferencial.

Resistência mecânica da argamassa de cimento

A qualidade da aderência da argamassa de cimento ao ferro, confere a este revestimento três qualidades importantes:

- boa resistência ao vácuo (depressões devidas aos golpes de ariete),
- bom comportamento na flexão e na ovalização,
- baixo coeficiente de rugosidade.

Os testes de flexão longitudinal nos tubos de pequeno diâmetro têm demonstrado a capacidade do revestimento interno de cimento de resistir a uma deformação limitada do tubo.

Para os tubos de grande diâmetro, mais sensíveis aos efeitos de ovalização, testes de flexão sobre anéis permitem verificar a boa resistência do revestimento interno de cimento sob cargas externas.

Abrasão

A argamassa de cimento possui uma boa resistência à abrasão, o que permite utilizar as canalizações no transporte de águas brutas carregadas de partículas sólidas.

Consultar a **Saint-Gobain Canalização** sobre essa aplicação.

NORMAS

- NBR 8682: Revestimento interno de argamassa de cimento em tubos de ferro fundido dúctil.
- ISO 4179: Revestimento interno de argamassa de cimento centrifugado. Requisitos gerais.
- NBR 11828: Argamassa para revestimento interno de tubulações de aço, ferro fundido cinzento ou dúctil, destinadas à condução de água.

CORROSIVIDADE DOS SOLOS

As canalizações enterradas são submetidas a várias solicitações, entre as quais a agressividade dos terrenos e dos reaterros. As canalizações da Saint-Gobain Canalização possuem uma boa resistência à corrosão, própria do ferro fundido. Essa resistência é aumentada com um revestimento de zinco. Contudo, em alguns casos, o revestimento de zinco pode não ser suficiente para proteger os tubos do meio agressivo sendo necessário utilizar uma proteção adicional com manta / manga de polietileno. A equipe técnica da **Saint-Gobain Canalização** efetua estudos de solo, quando solicitados, para avaliar a corrosividade do solo e optar pela uitlização ou não da manta / manga de polietileno.

Veja a seguir:

- Estudo topográfico
- Estudo geológico
- Estudo sobre o terreno
- Proteção das canalizações de ferro dúctil

ESTUDO TOPOGRÁFICO

Índices gerais de corrosividade

Os índices gerais de corrosividade são determinados com a ajuda de levantamento detalhado do local. São considerados pontos suscetíveis de uma corrosividade mais forte:

- os pontos baixos do relevo, pois são mais úmidos,
- os cursos de água, zonas úmidas,
- os charcos, pântanos, lagos, zona de turfa e outras, ricas em ácidos orgânicos, bactérias, etc,
- os estuários, pôlders, mangues e terrenos salinos situados próximos ao mar.

Índices de poluição e de corrosividade específicos

Com o auxílio de plantas topográficas determina-se a presença de índices de poluição e de corrosividade específicos, tais como:

- as zonas poluídas por efluentes diversos, tais como estercos, rejeitos de efluentes industriais, etc. ou por águas servidas, de origem doméstica,
- os depósitos de origem industrial, tais como escórias, carvão, etc....
- a proximidade de obras, onde os coletores de efluentes não sejam estanques, as instalações industriais ou de equipamentos utilizando corrente elétrica contínua (obras protegidas catódicamente, tração elétrica, usinas, redes elétricas, etc.).

O estudo detalhado do local permite determinar as diferentes variáveis encontradas, e informa sobre a natureza dos terrenos e sua corrosividade natural.

ESTUDO GEOLÓGICO

Pode-se distinguir, em primeira análise, terrenos:

com baixo risco:

- areias e cascalhos,
- materiais inorgânicos,
- calcários,

com risco elevado:

- argilas,

com risco muito elevado:

- gipsita,
- piritas (ferro: pirita, calcopirita, cobre),
- sais para indústrias químicas (cloreto de sódio, sulfato de cálcio),
- combustíveis fósseis (linhitos, turfas, carvões, betumes),
- solos orgânicos.

Hidrogeologia

A umidade é um fator agravante à corrosividade de um terreno.

O estudo hidrogeológico determina os terrenos impermeáveis, suscetíveis de reter água, assim como as zonas aquíferas. O limite de separação desses terrenos é quase sempre marcado por nascentes de mananciais. É importante considerar este limite com muita atenção, uma vez que a corrosividade do terreno impermeável pode ser muito alta: ele tem a mesma corrosividade de terrenos aquíferos, quando drenam os terrenos vizinhos que podem apresentar substâncias minerais solúveis (cloreto de sódio, sulfato de cálcio, etc).

ESTUDO SOBRE O TERRENO

O estudo sobre o terreno permite, por observações visuais, a verificação da resistividade e análises (amostras do solo), para confirmar e completar os resultados topográficos e geológicos.

A resistividade elétrica de um solo indica a sua capacidade de facilitar o fenômeno de corrosão eletroquímica sobre o metal. É um parâmetro particularmente significativo visto que:

- integra praticamente todos os fatores influentes na corrosividade (teor de sais, presença de água...),
- é muito fácil de medir no local (método *Wenner* ou quatro estacas).

Os diferentes tipos de análises são feitos sobre o traçado previsto para a canalização. Seu espaçamento é função da topografia do terreno e dos valores encontrados.

Um solo é tanto mais corrosivo quanto menor for sua resistividade. Para resistividades inferiores a 3000 ohms × cm, considera-se que é conveniente confirmar as medições em uma amostra colhida à profundidade do assentamento, e medir a resistividade em laboratório, em célula tipo *soil - box*.

PROTEÇÃO DAS CANALIZAÇÕES DE FERRO DÚCTIL

A experiência acumulada em dezenas de anos pela **Saint-Gobain Canalização** mostra que uma porcentagem elevada dos solos apresenta baixa ou média corrosividade, o que permite utilizar as canalizações **Saint-Gobain Canalização** com sua proteção externa básica: revestimento com zinco metálico e pintura betuminosa. Ver **Zinco**.

Certos locais necessitam de uma proteção adicional. Ver **Manta / Manga de Polietileno**. Trata-se dos solos:

- de resistividade inferior a 2500 Ω × cm (solos mal drenados) ou de 1500 Ω × cm (solos bem drenados),
- com pH inferior a 5,5,
- constituídos por reaterros artificiais (resíduos minerais, escórias) ou poluídos por efluentes industriais ou agrícolas.

A manta / manga de polietileno deve ser igualmente utilizada nos casos onde existe a presença de correntes parasitas (vias férreas, proximidade de instalações industriais com corrente contínua, ou redes com proteção catódica, redes elétricas...).

REVESTIMENTOS EXTERNOS

O revestimento externo tem por função assegurar uma proteção durável, de acordo com a corrosividade dos solos.

A **Saint-Gobain Canalização** oferece uma gama completa de revestimentos externos, adequados a todos os casos de corrosividade dos solos.

Os revestimentos externos dos tubos e conexões da **Saint-Gobain Canalização** podem ser classificados em duas categorias, conforme a corrosividade dos solos:

- o revestimento padrão, conveniente à grande maioria dos casos,
- as proteções reforçadas, adequadas aos solos de corrosividade elevada.

Ver **Corrosividade dos Solos**.

Se solicitada pelo cliente, a equipe técnica da **Saint-Gobain Canalização** efetua estudos de solo, a fim de aconselhar a solução mais adequada.

O quadro abaixo apresenta a gama de revestimentos externos.

<table>
<tr><th>Proteção</th><th>Tubos</th><th>Conexões</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Padrão</td><td colspan="2">Solução de base</td></tr>
<tr><td>Zinco metálico
Pintura betuminosa</td><td>Pintura betuminosa</td></tr>
<tr><td>Reforçada</td><td colspan="2">Solução de base + Manta de polietileno colocada na obra</td></tr>
</table>

ZINCO

- Composição do revestimento
- Mecanismo de proteção
- Campo de aplicação
- Normas

COMPOSIÇÃO DO REVESTIMENTO

O revestimento padrão é constituído:

- por uma camada de zinco metálico aplicada por projeção (quantidade mínima: 130g/m^2, em conformidade com a normalização brasileira e internacional),
- por uma pintura betuminosa (cobertura porosa) de espessura média de 80 microns.

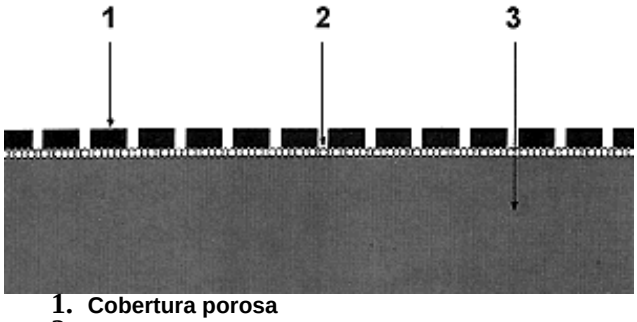
MECANISMO DE PROTECÃO

A metalização do zinco é uma proteção ativa devido à ação galvânica da pilha de ferro-zinco. Seu mecanismo é duplo:

Formação de uma camada de proteção estável

Em contato com o terreno, o zinco metálico se transforma lentamente em uma camada densa, aderente, impermeável e contínua, de sais de zinco insolúveis. Constitui, assim, uma camada protetora.

A pintura betuminosa completamente permeável permite o processo de proteção galvânica e a cicatrização, favorecendo a formação de uma camada estável e insolúvel, de produtos de conversão do zinco.

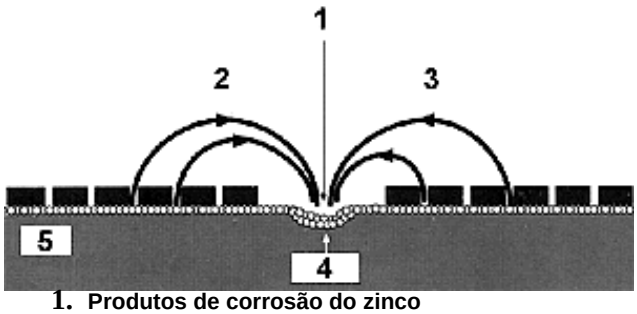


1. **Cobertura porosa**
2. **Zinco metálico**
3. **Parede do tubo de ferro**

Auto-cicatrização das fissuras

Uma das particularidades do revestimento externo de zinco é sua capacidade de restaurar a continuidade da camada protetora onde existem danos locais de extensão reduzida.

Os íons Zn^{++} migram através da camada porosa para as fissuras, transformando-se em seguida em produtos de corrosão do zinco, estáveis e insolúveis, protegendo a área danificada.



1. **Produtos de corrosão do zinco**
2. **ions Zn++**
3. **Corrente i**
4. **Danos**
5. **Ferro**

CAMPO DE APLICAÇÃO

O revestimento à base de zinco é prescrito conforme a norma NBR 11827 e resiste à maioria dos solos. Tendo sua qualidade atestada por uma longa experiência, a **Saint-Gobain Canalização** o escolheu como revestimento padrão de base para toda sua produção de tubos.

Existem, contudo, alguns casos onde o revestimento de zinco necessita do reforço de uma manta / manga de polietileno. Nos casos extremos de corrosividade dos solos, um isolamento completo da canalização, limitando a zona de alta corrosividade, faz-se necessário. Ver **Corrosividade dos Solos** e **Revestimentos Externos**.

A equipe técnica da **Saint-Gobain Canalização** efetua estudos de solo, quando solicitados pelo cliente, a fim de orientar quanto ao revestimento externo mais adequado.

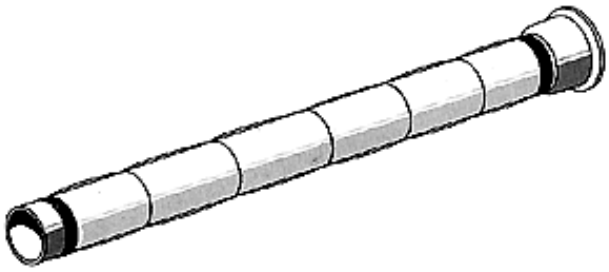
Por outro lado, a proteção de zinco é particularmente adequada às condições de transporte, de manutenção, de estocagem, dos deslizamentos de reaterro: protegendo os tubos durante muito tempo.

NORMAS

NBR 11827: Revestimento externo de zinco em tubos de ferro fundido dúctil.
ISO 8179: Tubos de ferro dúctil: revestimento externo de zinco.

MANTA / MANGA DE POLIETILENO

A manta / manga de polietileno é um filme de polietileno de baixa densidade, com espessura de 200 μ m, que envolve a canalização no momento do assentamento. É utilizada como um complemento do revestimento externo das canalizações (zinco metálico + pintura betuminosa), em casos de corrosividade elevada dos solos ou da existência de correntes parasitas.



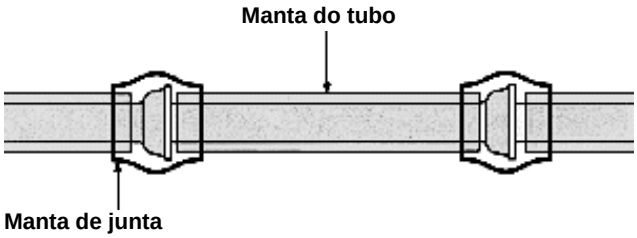
Veja a seguir:

- Descrição
- Mecanismo de proteção
- Campo de aplicação
- Instalação & Normas

DESCRIÇÃO

A manta / manga de polietileno (polietileno de baixa densidade), é aplicada sobre o tubo ou conexão e fixada por meio de:

- fitas plásticas adesivas, a cada extremidade,
- ligações intermediárias com arame revestido de plástico.



A técnica de revestimento consiste em utilizar uma manta / manga para o corpo do tubo (instalada fora ou dentro da vala) e uma manta / manga para a junta (instalada na vala após a montagem dos tubos). O conjunto assim obtido reforça a eficácia da proteção.

MECANISMO DE PROTEÇÃO

A manta / manga de polietileno atua como complemento do revestimento de zinco. Seu mecanismo de proteção consiste em isolar as canalizações do contato direto com o solo corrosivo (supressão do par eletroquímico) e em evitar as entradas e saídas de correntes parasitas.

Em caso de infiltração mínima de água sob a manta / manga, a proteção complementar é assegurada por este dispositivo, pois ocorre a substituição de um meio heterogêneo (o solo) por um meio homogêneo confinado e de baixa espessura (água do solo).

CAMPO DE APLICAÇÃO

A **Saint-Gobain Canalização** recomenda a instalação desta proteção complementar para os solos de corrosividade elevada (ver **Corrosividade dos Solos**), entre os quais: os solos de baixa resistividade elétrica (indício de uma forte corrosividade),

- zonas com presença de correntes parasitas,
- solos cuja análise revela um teor elevado de sulfatos ou cloretos, ou uma atividade bacteriana.

Sua utilização pode ser decidida no momento da abertura da vala, se as condições locais a justificarem.

A equipe técnica da **Saint-Gobain Canalização** está apta a efetuar estudos do solo, com a finalidade de recomendar a proteção mais adequada.

INSTALAÇÃO

Ver **Colocação da Manta / Manga de Polietileno** em **Notas Técnicas-Assentamento**.

A **Saint-Gobain Canalização** fornece a manta de polietileno e as instruções necessárias, com a finalidade de facilitar as operações de instalação e melhorar a qualidade do assentamento.

NORMAS

NBR 12588: Aplicação por envoltório de polietileno para tubos e conexões de ferro dúctil.

ISO 8180: Manta de polietileno para tubos de ferro dúctil.

SAINT-GOBAIN
CANALIZAÇÃO

PAM

CAPÍTULO 3 - MANUAL TÉCNICO ASSENTAMENTO:

ACONDICIONAMENTO

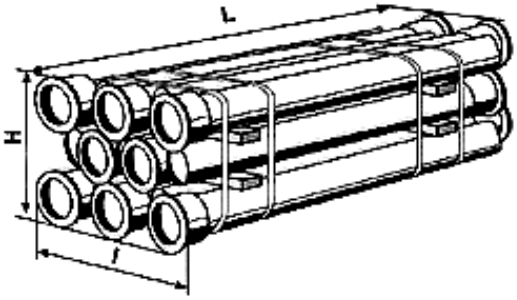
- Tubos
- Conexões e contra-flanges
  - DN ≤ 300
  - DN > 300
- Anéis, parafusos e arruelas de vedação

TUBOS DN ≤ 300

Os tubos de DN 80 a 300 são fornecidos em pacotes; por solicitação do cliente, podem ser expedidos a granel.

Os pacotes foram projetados para facilitar, simplificar e agilizar as operações de carregamento, descarregamento e movimentação dos tubos.

No caso de estocagem provisória, podem ser colocados superpostos, até o máximo de 2,50m de altura. No entanto, para uma estocagem prolongada nos armazéns e depósitos, os pacotes devem ser abertos e os tubos empilhados de acordo com um dos métodos descritos adiante.



A formação dos pacotes é função do DN e da classe dos tubos, conforme a figura ao lado e o quadro a seguir:
Ver Estocagem dos Tubos.

DN	Classe	Pacotes	L	Dimensões		Peso médio do pacote
				l	H	
		Camadas x Tubos	m	m	m	kg
80	K-9	3 × 5	6,30	0,57	0,42	1305,0
100	K-9	3 × 5	6,30	0,67	0,50	1611,0
150	K-9	3 × 3	6,30	0,59	0,66	1468,8
	K-7	3 × 3	6,30	0,59	0,66	1252,8
200	K-9	2 × 3	6,30	0,75	0,56	1314,0
	K-7	2 × 3	6,30	0,75	0,56	1126,8
250	K-9	2 × 2	6,30	0,63	0,67	1147,2
	K-7	2 × 2	6,30	0,63	0,67	964,8
300	K-9	2 × 2	6,30	0,74	0,77	1444,8
	K-7	2 × 2	6,30	0,74	0,77	1190,4

TUBOS DN > 300

Os tubos de ferro dúctil de DN 300 a 2000 são expedidos da usina a granel.

CONEXÕES E CONTRA-FLANGES DN ≤ 300

Conexões e contra-flanges podem ser expedidos a granel ou em paletes protegidos com filme plástico, dependendo das quantidades encomendadas.

CONEXÕES E CONTRA-FLANGES DN > 300

Conexões e contra-flanges de DN > 300 não são paletizados.

ANÉIS, PARAFUSOS E ARRUELAS DE VEDAÇÃO

Os anéis de junta e as arruelas são expedidos em sacos. Os parafusos, em caixas ou sacos, conforme as quantidades solicitadas.

TRANSPORTE

É necessário observar certas regras durante o carregamento dos tubos, para minimizar os riscos de acidentes durante o transporte. Qualquer que seja o meio utilizado, é obrigatório prever um apoio correto, resistente e durável, com caibros de madeira tanto na camada inferior dos tubos como entre as outras camadas.

Além disso, os tubos devem ser calçados lateralmente e nas extremidades, de maneira a impedir qualquer deslocamento longitudinal, o que pode ser perigoso em caso de parada brusca do caminhão ou do vagão.

O transporte rodoviário exige caminhões abertos, que são adequados para este tipo de material. O comprimento útil do caminhão ou da carreta deve ser o necessário para que os tubos não fiquem parcialmente sem apoio. As partes laterais devem ser resistentes e reforçadas com o auxílio de, no mínimo, três caibros de arrimo para cada pilha.

Os veículos devem ser apropriados ao transporte e às operações de carregamento e descarregamento dos tubos e conexões de ferro dúctil. É conveniente respeitar as seguintes regras básicas:

- evitar o atrito entre os tubos e conexões, a fim de não provocar danos ao revestimento,
- evitar qualquer contato direto dos tubos com o piso do caminhão (manter o nivelamento dos tubos com o auxílio de duas peças de madeira paralelas, de boa qualidade, fixadas sobre o piso),
- facilitar o carregamento e o descarregamento dos tubos dentro de boas condições de segurança (utilizar cintas ou ganchos revestidos de borracha),
- garantir as boas condições da carga durante o transporte, utilizar veículos que possuam um fechamento lateral obrigatório, para estabilizar a carga (batentes laterais de dimensões adequadas),
- fixar a carga com a ajuda de cintas e de sistemas de içamento.

Para mais detalhes sobre a adequação do meio de transporte a estas exigências de carregamento, consultar a **Saint-Gobain Canalização**.

MOVIMENTAÇÃO

O desempenho mecânico dos tubos e conexões de ferro dúctil e a resistência dos revestimentos são apropriados para suportar as condições de movimentação nas obras. Convém, no entanto, tomar algumas precauções elementares.

Veja a seguir:

- Instruções básicas
- Içamento
- Movimentação na obra

INSTRUÇÕES BÁSICAS

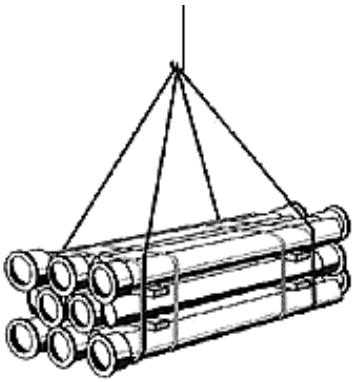
- Usar guindaste de capacidade adequada.
- Guiar o material no início e no fim da manobra.
- Manobrar lentamente.
- Evitar balanços, choques ou atritos entre os tubos e o solo.

Estas precauções serão tanto maiores quanto maior for o diâmetro do tubo.

IÇAMENTO

Pacotes de tubos DN < 300

Içar os pacotes um por um, com cintas que envolvam a carga.

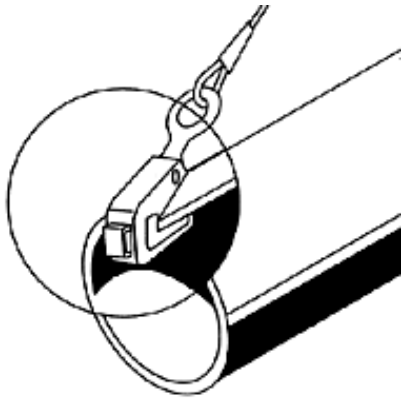


O carregamento de dois ou mais pacotes simultâneos não será possível sem que se tome precauções especiais; consultar a **Saint-Gobain Canalização**.

Os pacotes não devem ser movimentados com ganchos. As fitas de aço, assim como os caibros, não são dimensionados para suportar o peso dos pacotes.

Tubos DN ≥ 300

Içamento pelas extremidades dos tubos: Usar ganchos de forma apropriada, revestidos com uma proteção de borracha ou de outro material similar.



Içamento pelo centro do tubo: Utilizar cinta ou cabo de aço revestido.

Importante: Durante o descarregamento, evitar que o tubo caia no chão, ainda que sobre pneus ou areia.

MOVIMENTAÇÃO NA OBRA

No canteiro de obra, salvo instruções em contrário, dispor os tubos ao longo da vala, do lado oposto à terra removida, com as bolsas orientadas no sentido da montagem.

Evitar:

- arrastar as tubos no chão, para não danificar o revestimento externo,
- colocar os tubos em contato com pedras ou desequilibrados (por exemplo, em cima de raízes),
- colocar os tubos próximos a áreas onde serão usados explosivos para remoção de rochas.

ESTOCAGEM DOS TUBOS

A estocagem dos tubos na obra deve permitir fácil acesso para identificação, inspeção e eventuais reparações.

Veja a seguir:

- Condições básicas
- Empilhamento dos tubos
- Altura de estocagem dos tubos

CONDIÇÕES BÁSICAS

A área de estocagem deve ser plana. Evitar:

- terrenos pantanosos,
- solos instáveis,
- solos corrosivos.

Na chegada ao local de estocagem, os materiais devem ser inspecionados e, havendo avarias no revestimento interno ou externo, por exemplo, estas devem ser reparadas, preferencialmente antes da estocagem.

Estocar os tubos por diâmetro em pilhas homogêneas e estáveis, seguindo um plano racional de estocagem. Proceder do mesmo modo com as conexões, válvulas e acessórios.

Utilizar os espaçadores de madeira (pranchas, cunhas) com resistência suficiente e de boa qualidade.

EMPILHAMENTO DOS TUBOS

Estocagem dos pacotes

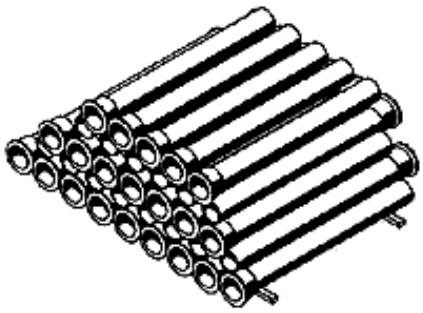
Os pacotes fornecidos pela **Saint-Gobain Canalização** podem ser estocados em pilhas, sobre espaçadores de 80 × 80 × 2600 mm, com três ou quatro fileiras de pacotes, não ultrapassando uma altura de estocagem de 2,50m.

Verificar periodicamente os pacotes, em particular o estado e a tensão das fitas de aço e dos espaçadores de madeira, assim como a estabilidade geral das pilhas.

Estocagem sem pacotes

Pilha contínua, tubos com bolsas desencontradas (método 1)

Na prática, este método é o mais interessante do ponto de vista da segurança, do custo dos materiais utilizados (calços de madeira), e da relação número de tubos × volume de estocagem.



Por outro lado, este método exige o içamento dos tubos pelas extremidades, com a ajuda de ganchos (ver Movimentação); a utilização de mais de um gancho permite o levantamento de alguns tubos simultaneamente, desde que o guindaste tenha capacidade.

Camada inferior: A primeira camada deve ser

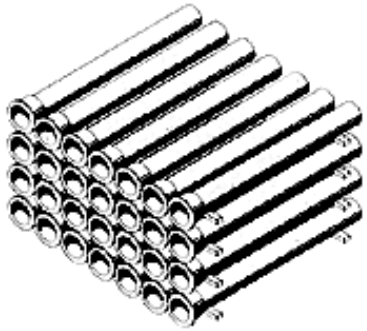
estocada sobre duas pranchas de madeira paralelas, situadas a 1m da extremidade da bolsa e da ponta. Os tubos ficam paralelos. As bolsas tocam-se e não devem estar em contato com o solo. Os tubos externos são calçados do lado da ponta e da bolsa com a ajuda de cunhas pregadas nas pranchas. Os tubos intermediários desta camada são calçados unicamente do lado da ponta, com cunhas de dimensões menores.

Camadas superiores: As camadas superiores são constituídas, alternadamente, por tubos colocados com as bolsas desencontradas em relação às da camada inferior.

Todas as bolsas de uma camada ultrapassam as pontas da camada inferior em aproximadamente 10cm (evita-se assim a deformação das pontas). Os corpos dos tubos de duas camadas consecutivas, ficam em contato.

Pilha contínua, bolsas do mesmo lado (método 2)

Camada inferior: O assentamento da primeira camada é idêntico ao exemplo anterior

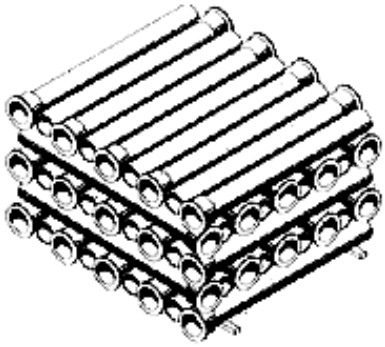


Camadas superiores: Os tubos são alinhados verticalmente. Cada camada é separada por espaçadores de madeira com espessura ligeiramente superior à diferença dos diâmetros (bolsa-corpo). Os tubos das extremidades de cada camada são calçados com a ajuda de cunhas pregadas nos espaçadores.

Este método permite todos os tipos de içamento (pela extremidade, por ganchos; pelo corpo, com o uso de cintas).

Estocagem quadrada ou *em fogueira* (método 3)

Camada inferior: o assentamento da primeira camada é similar ao método 1, sendo que suas bolsas devem estar voltadas alternadamente para um lado e para o outro. Além disso, as bolsas devem ultrapassar as extremidades das pontas dos tubos adjacentes na totalidade da bolsa mais 5cm. Para a estocagem dos tubos de DN $\geq$ 150, a pilha deve assentar sobre três pranchas.



Camadas superiores: cada camada é constituída por tubos paralelos, alternados, como na primeira camada. Os tubos de uma camada são dispostos perpendicularmente em relação aos da camada inferior. As pontas dos tubos são ainda calçadas naturalmente pelas bolsas alternadas da camada inferior. Este método é o de menor consumo em material de calçamento, mas, devido à constituição das camadas, implica no içamento tubo a tubo pelas extremidades.

ALTURA DE ESTOCAGEM DE TUBOS

Conforme o tipo de empilhamento, a classe e o DN, recomenda-se não ultrapassar os valores a seguir (em número máximo de camadas):

DN	Método 1		Método 2 e 3	
	Classe K7	Classe K9	Classe K7	Classe K9
80	-	70	-	30
100	-	58	-	27
150	40	40	22	22
200	31	31	18	18
250	25	25	16	16
300	21	21	14	14
350	18	18	12	12
400	15	16	11	11
450	12	14	10	10
500	10	12	8	8
600	7	10	6	7
700	5	7	4	5
800	4	6	3	4
900	4	5	3	4
1000	3	4	2	3
1200	2	3	2	2

ESTOCAGEM DOS ANÉIS DE JUNTA

Dadas as características dos elastômeros, certas precauções devem ser tomadas para a estocagem dos anéis de junta (elástica, mecânica e travada interna) e também das arruelas para flanges. Deve-se ter atenção aos seguintes aspectos:

- os locais de estocagem (secos ou de grande umidade),
- temperatura ambiente,
- exposição à luz,
- tempo de estocagem.

Deve-se seguir as recomendações relativas à estocagem dos anéis e arruelas para que as propriedades dos mesmos não sejam alteradas.

Veja a seguir:

- Estocagem
- Exposição à luz
- Prazo de utilização

ESTOCAGEM

A temperatura ideal de estocagem deve ser entre 5°C e 25°C.

Deve-se evitar a deformação dos anéis de junta a temperatura baixa. Antes da instalação, se a temperatura ambiente estiver abaixo de 20°C, deve restabelecer-se esta temperatura, a fim de facilitar a montagem (em água morna, por exemplo).

Os anéis da **Saint-Gobain Canalização**, à base de elastômeros vulcanizados, devem ser estocados em um local com grau médio de umidade.

EXPOSIÇÃO À LUZ

Os elastômeros são sensíveis aos raios ultravioleta e à ação do ozônio. Por isso, os anéis devem ser armazenados ao abrigo da luz (direta do sol ou artificial).

PRAZO DE UTILIZAÇÃO

A **Saint-Gobain Canalização** aconselha utilizar os anéis até no máximo seis anos após fabricados, e desde que armazenados nas condições descritas anteriormente.

Nota: No caso de anéis de borracha JTI a Saint-Gobain Canalização aconselha utilizá-los por até quatro anos após fabricados, e desde que armazenados nas condições descritas anteriormente.

REPARO DO REVESTIMENTO EXTERNO

O revestimento externo dos tubos e conexões pode danificar-se nas operações de transporte, de estocagem ou durante a instalação.

A reparação pode ser feita na obra ou no local da estocagem, seguindo um processo simples.

- **Pequenos danos (arranhões, sem que o revestimento de zinco seja afetado)**

Não é necessária qualquer reparo.

- **Danos maiores (revestimento de zinco afetado)**

O reparo do revestimento deve ser feito com a ajuda de uma pintura betuminosa, seguindo o procedimento descrito a seguir.

Produto a utilizar: Tinta enriquecida em zinco.

Material para aplicação: Escova, pincel, rolo ou pistola.

Preparação da superfície: Escovar ligeiramente a superfície, para limpá-la. Secar bem as áreas a revestir.

Aplicação do produto: Aplicar o produto, cruzando as demãos, até que o filme depositado esteja no nível do revestimento existente nas partes vizinhas não danificadas.

REPARO DO REVESTIMENTO INTERNO

O revestimento interno de argamassa de cimento pode ser danificado devido a movimentações bruscas ou pancadas acidentais. A sua reconstituição pode ser feita por meio de operações simples e rápidas.

Veja a seguir:

- Danos reparáveis
- Produtos a utilizar
- Procedimento de reparo
- Preparação da superfície
- Aplicação da argamassa

DANOS REPARÁVEIS

Os danos provocados no revestimento interno de argamassa de cimento, são reparáveis na obra, desde que não sejam muito extensos, ou seja, desde que:

- a superfície seja inferior a 0,10 m^2,
- a extensão do dano seja inferior a um quarto da circunferência do tubo, sem qualquer deformação na parede do tubo.

Caso contrário, recomenda-se cortar a parte danificada.

PRODUTOS A UTILIZAR

Uma parte de cimento Portland de alto-forno ou aluminoso para duas partes de areia fina. Adicionar água até obter uma argamassa pastosa.

PROCEDIMENTO DE REPARO

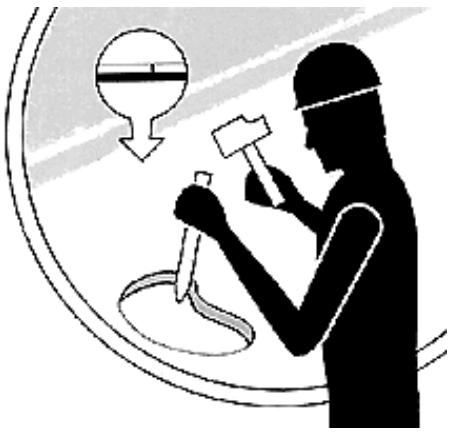
Material necessário para aplicação da argamassa de cimento

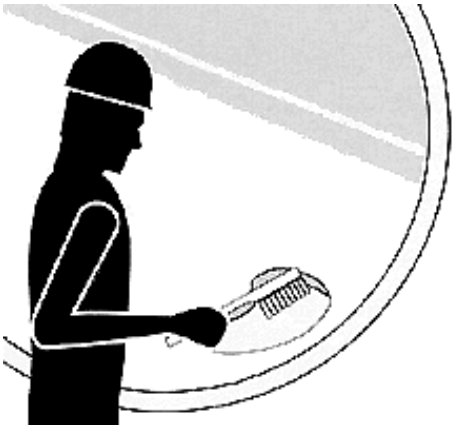
- escova de aço,
- pincel,
- colher de pedreiro,
- espátula para acabamento.

PREPARO DA SUPERFÍCIE

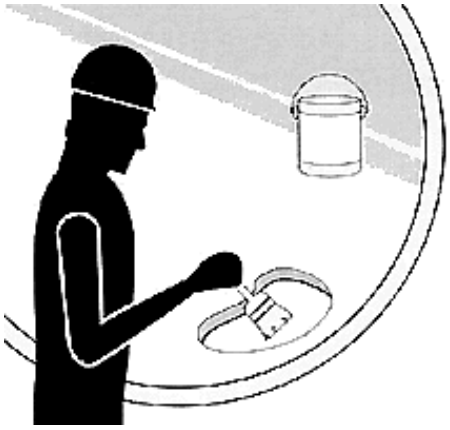
Deve-se evitar o reparo do revestimento interno de argamassa de cimento a temperaturas muito baixas ou muito elevadas.

- Sempre que possível, orientar o tubo de maneira que a zona a reparar fique em baixo.
- Retirar a parte danificada, assim como 1 ou 2 cm do revestimento intacto, com a ajuda de uma talhadeira e/ou de um ponteiro.





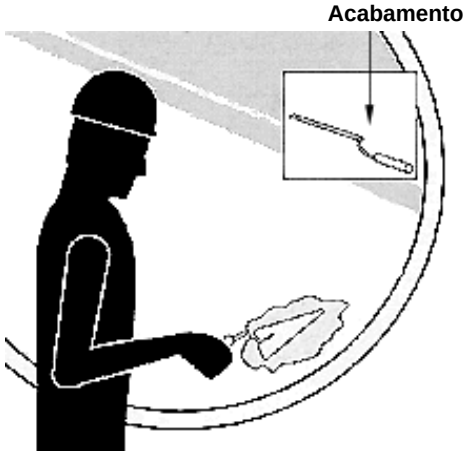
- As bordas da zona a ser reparada devem ficar perpendiculares à superfície da parede do tubo.
- Limpar com escova metálica, para eliminar as partes não aderentes.



- Umedecer a zona a reparar.
- Alguns minutos antes de efetuar o reparo, molhar com água ou nata de cimento a argamassa existente, em uma faixa de aproximadamente 20 cm em torno da área afetada, utilizando uma trincha.

APLICAÇÃO DA ARGAMASSA

- Aplicar a argamassa com uma colher de pedreiro, compactando-a corretamente, de maneira a restabelecer a espessura do revestimento interno.
- Concluir o alisamento da parte reparada, com uma espátula.
- Confirmar o desaparecimento completo de fendas entre a argamassa de cimento recém-aplicada e a argamassa original.
- Após a conclusão da reparação, o local deve ser recoberto com jornal ou pano molhado, para que se obtenha uma cura lenta, possilitando uma boa resistência da argamassa aplicada.



CORTE DOS TUBOS

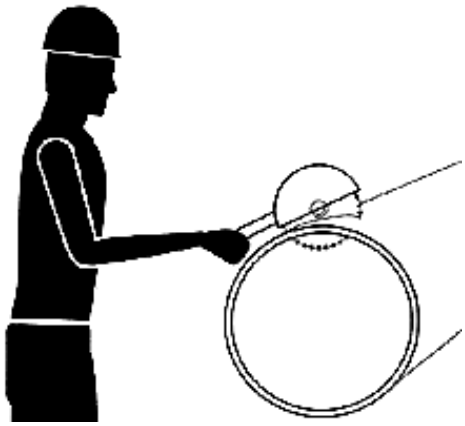
Obedecer ao traçado de uma canalização requer, geralmente, a utilização de conexões e a realização de cortes em tubos nos canteiros de obras. Os tubos de ferro dúctil podem ser cortados sem dificuldade.

Veja a seguir:

- Equipamentos a utilizar na obra
- Procedimento

EQUIPAMENTOS A UTILIZAR NA OBRA

- Máquina elétrica ou pneumática, com disco de corte abrasivo, de alta rotação.
- Máquina de corte a frio com bedames de vídia.
- Arco de serra convencional (para pequenos diâmetros).



PROCEDIMENTO

DN ≤ 300

O corte pode ser executado até 2/3 do comprimento do tubo a partir da ponta.

Para cortes além de 2/3 do comprimento, verificar previamente que o diâmetro externo no local do corte seja inferior ao DE + 1 mm. Para os valores de DE, ver Tubos, Conexões e Acessórios.

DN > 300

Antes de efetuar o corte, verificar se o diâmetro externo do tubo no local do corte é inferior ao DE + 1 mm. Para os valores de DE, ver Tubos, Conexões e Acessórios.

Se necessário um grande número de tubos com comprimentos inferiores aos normais, consultar a **Saint-Gobain Canalização**.

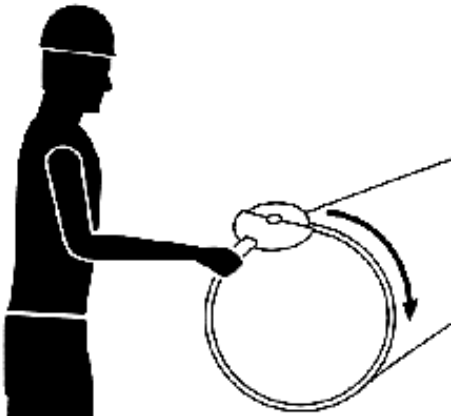
Corte

O corte deve ser feito, obrigatoriamente, num plano perpendicular à geratriz do tubo.

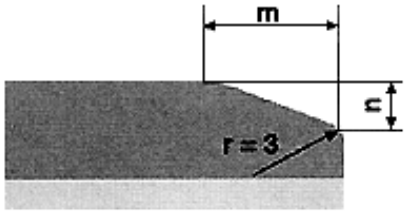
Rebarbação e execução do chanfro

Após a execução do corte, e antes da montagem, é preciso:

- para as juntas mecânicas (JM): rebarbar as arestas de corte com a ajuda de uma lima ou uma esmerilhadeira manual de disco,
- para as juntas elásticas (JGS, JTI, JTE): refazer o chanfro, com a ajuda de uma esmerilhadeira manual de disco, para evitar danos ao anel de borracha durante a montagem.



É conveniente respeitar as seguintes dimensões de chanfro:

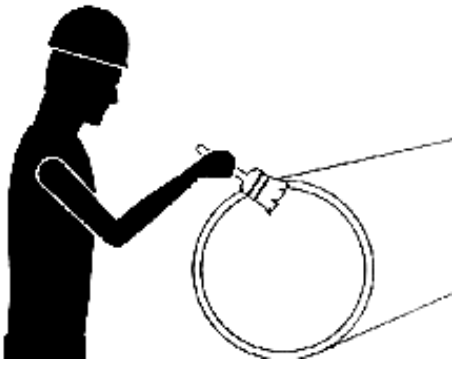


DN	DE	m	n
	mm	mm	mm
80	98	9	3
100	118	9	3
150	170	9	3
200	222	9	3
250	274	9	3
300	326	9	3
350	378	9	3
400	429	9	3
450	480	9	3
500	532	9	3
600	635	9	3
700	738	15	5
800	842	15	5
900	945	15	5
1000	1048	15	5
1200	1255	15	5

- **Reparo do revestimento**

Refazer o revestimento na parte do tubo afetada pelas operações de corte.

Ver **Reparo do Revestimento Externo**.



Deposição do cordão de solda e do revestimento externo

Somente para as juntas travadas externas.

Ver **Cordão de Solda para Travamento**.

DESOVALIZAÇÃO

O transporte e as movimentações podem provocar a ovalização dos tubos, com a conseqüente dificuldade na montagem correta dos componentes da canalização. A experiência demonstra que são extremamente raros os casos de ovalização prejudiciais à montagem em tubos de pequenos e médios diâmetros. Por isso, os métodos apresentados a seguir referem-se aos DN ≥ 400.

Veja a seguir:

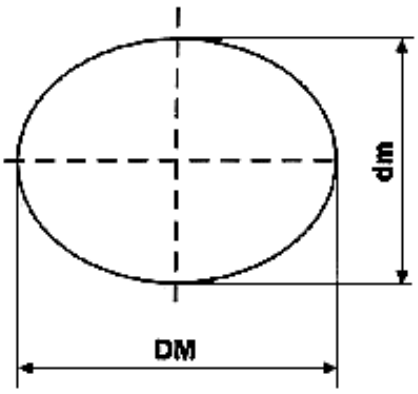
- Definição
- DN 400 a 700
- DN ≥ 800

DEFINIÇÃO

$$\% \text{ ovalização} = \frac{DM - dm}{DM + dm} \times 100$$

no qual:

- DM: diâmetro máximo medido,
- dm: diâmetro mínimo medido.

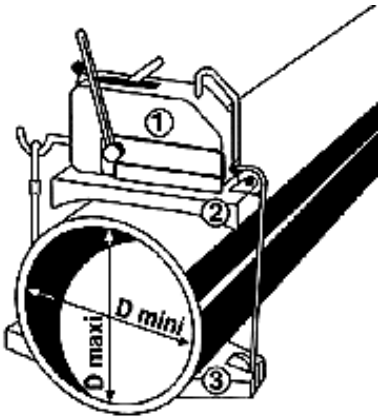


Em caso de ovalização de um tubo, pode-se proceder à sua desovalização utilizando um dos procedimentos a seguir, e com cuidado para não danificar o revestimento interno.

DN 400 a 700

Aparelhos

- Uma talha tipo TIRFOR (1),
- Um suporte para a talha tipo TIRFOR com guia de cabo(2),
- Um suporte de guia para os cabos, com 2 roldanas (3).



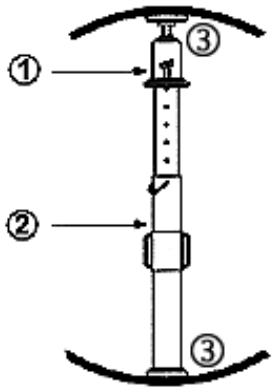
Procedimento

- Montar o aparelho segundo o desenho acima; tensionar o cabo.
- Controlar a operação de forma que a ponta do tubo não ultrapasse a forma circular.
- Assegurar-se de que esta operação não afetará o revestimento interno de cimento.
- Com o aparelho em posição, efetuar a montagem; a tensão do cabo deve ser mantida durante a montagem da junta, de modo a compensar a deformação elástica do tubo.

DN ≥ 800

Aparelhos

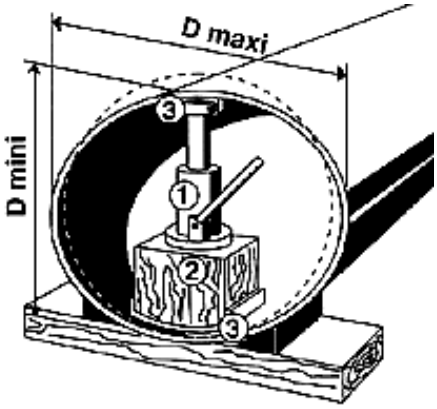
- Um macaco hidraúlico (1),
- Um calço (ou um apoio regulável) (2),
- Dois calços de proteção revestidos de borracha e de dimensões adequadas (3).



Procedimento

- Colocar as peças segundo o desenho acima, respeitando a posição da ovalização.
- Adequar a regulagem de apoio em função do diâmetro.

- Operar o macaco hidráulico e controlar a desovalização de modo que a ponta do tubo não ultrapasse a forma circular.
- Assegurar-se de que esta operação não afetará o revestimento interno de cimento.
- Com o aparelho em posição, efetuar a montagem. O aparelho deve permanecer em posição somente durante a montagem, para compensar a deformação elástica do tubo.
- A tensão deve ser mantida durante a montagem.



A montagem dos tubos e conexões **Saint-Gobain Canalização** com junta elástica é facilmente realizada utilizando-se alguns equipamentos comuns como: alavanca, talha tipo TIRFOR, ou a própria caçamba de retroescavadeira.

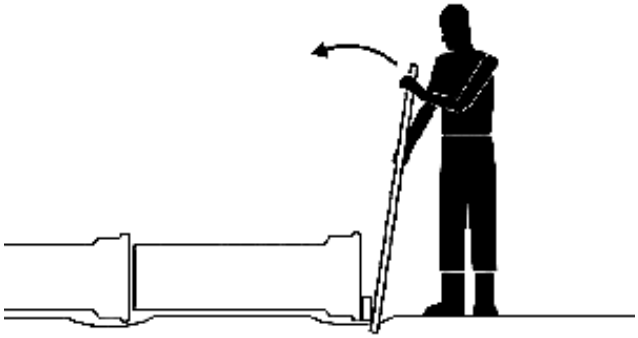
Veja a seguir:

Montagem de tubos e conexões retas com junta elástica
Montagem de conexões de junta elástica

MONTAGEM DE TUBOS E CONEXÕES RETAS COM JUNTA ELÁSTICA

Alavanca: DN 80 a 150

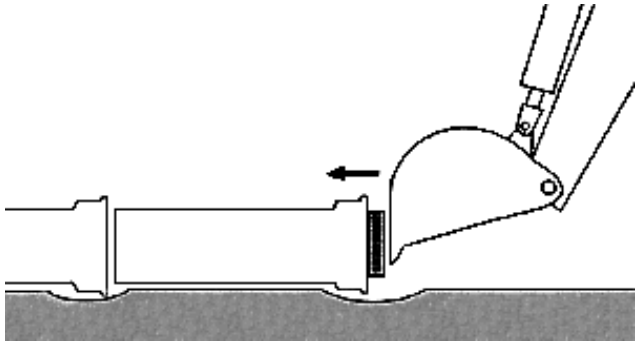
Apoia-se a alavanca sobre o terreno. O espelho da bolsa do tubo deve ser protegido por um toco de madeira dura.



Com a caçamba de retroescavadeira: todos os DN

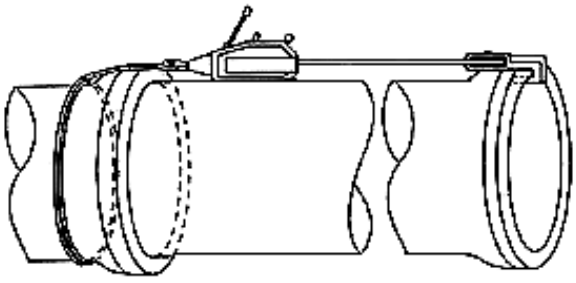
Tomando algumas precauções, é possível utilizar a força hidráulica do braço de uma retroescavadeira para montar os tubos e conexões. Neste caso:

- colocar entre o tubo e a caçamba da retroescavadeira uma prancha de madeira,
- exercer um esforço lento e contínuo, seguindo o procedimento de montagem da junta.

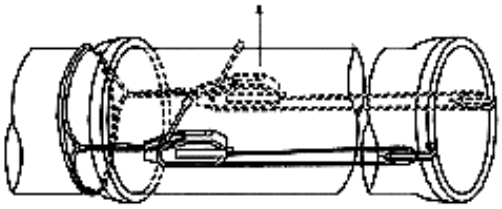


Talha mecânica tipo TIRFOR

- DN 150 a 300: talha tipo TIRFOR, com capacidade de 16.000 N, cabo de aço e gancho protegido com borracha.
- DN 350 a 600: talha tipo TIRFOR, com capacidade de 35.000 N, cabo de aço e gancho protegido com borracha.



- DN 700 a 1200: 2 talhas tipo TIRFOR com capacidade 35.000 N, diametralmente opostas, 2 cabos de aço e 2 ganchos protegidos com borracha.



- **Conjunto de cilindros hidráulicos**

Esta solução assemelha-se à da utilização da talha tipo TIRFOR (ver acima); permite uma excelente distribuição do esforço de montagem assim como mantém o alinhamento dos tubos a montar.

Os cilindros hidráulicos podem ser alimentados aproveitando-se a unidade hidráulica de uma retroescavadeira ou caminhão com poliguindaste.

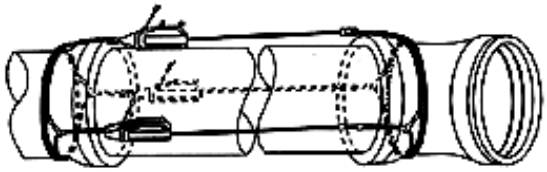
A quantidade e a pressão dos cilindros devem produzir forças idênticas às das talhas mecânicas indicadas para as gamas de diâmetros.

MONTAGEM DE CONEXÕES DE JUNTA ELÁSTICA

- **Alavanca : DN 80 a 150**

- **Talhas tipo TIRFOR: todos os DN**

Mesmo procedimento da montagem dos tubos.



MANTA / MANGA DE POLIETILENO (COLOCAÇÃO)

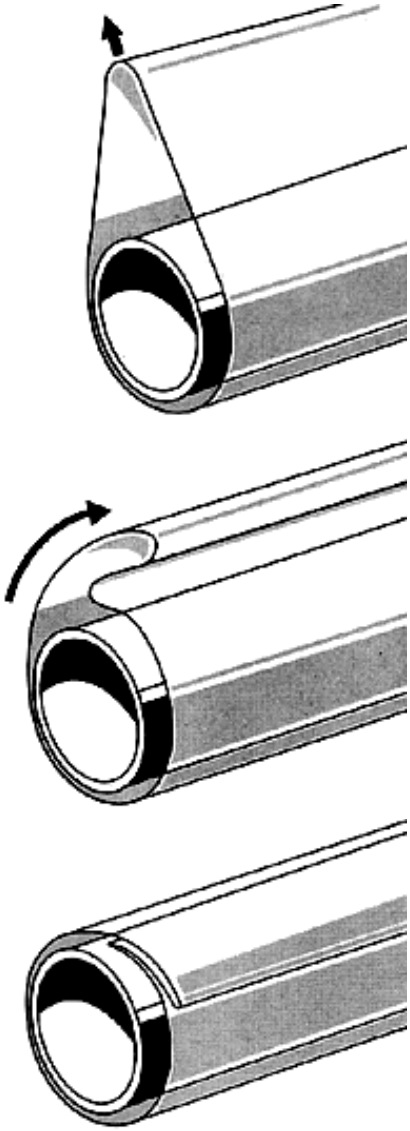
A proteção com manta / manga de polietileno, prevista na norma NBR 12588, consiste em envolver de forma contínua:

- o corpo de cada tubo ou conexão;
- a junta de cada tubo ou conexão.

Veja a seguir:

- Instruções básicas
- Colocação da manta / manga no corpo do tubo
- Colocação da manta / manga na junta (bolsa)
- Colocação da manta / manga nas conexões
- Quantidades e dimensões

INSTRUÇÕES BÁSICAS



Antes da colocação da manta / manga de polietileno, os tubos e conexões devem ser secos e limpos. Evitar principalmente a presença de terra ou outros elementos estranhos entre o tubo e a manta / manga de polietileno.

O leito de assentamento, assim como o material de reaterro em contato com a canalização, deverão ser constituídos por material selecionado, isento de pedras ou de qualquer material que possa danificar a proteção durante o assentamento.

A manta / manga de polietileno deve ser posicionada sobre o tubo, observando a dobra de rebatimento conforme indicado nas figuras.

Deve-se assegurar a continuidade total entre a proteção usada no corpo do tubo e a proteção usada na junta (bolsa).

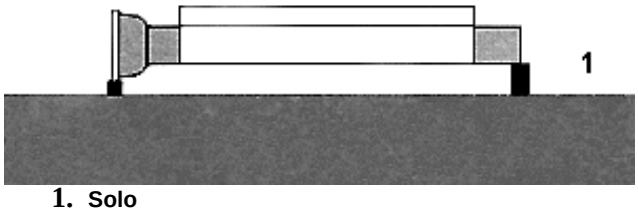
A dobra deve ser feita sempre na geratriz superior do tubo, a fim de eliminar os riscos de danos que podem ocorrer durante o recobrimento da canalização (penetração de terra na dobra).

Não usar manta / manga de polietileno que esteja rasgada ou furada e evitar danos no momento da sua colocação. Pequenos rasgos podem ser reparados com fita adesiva. Os defeitos maiores devem ser reparados com um remendo feito com a mesma manta / manga de polietilieno. Estes remendos devem ter a dimensão necessária para cobrir toda a área danificada.

Estocar a manta / manga de polietileno ao abrigo da luz e do calor.

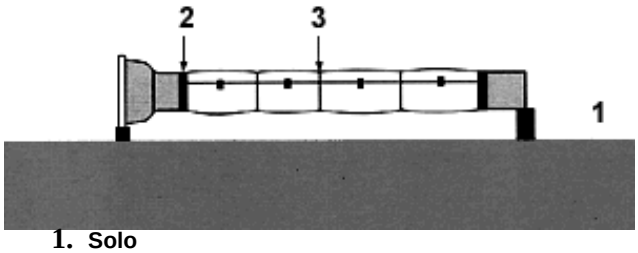
COLOCAÇÃO DA MANTA / MANGA NO CORPO DO TUBO

Com o tubo apoiado nas extremidades (bolsa e ponta) sobre dois calços de madeira, colocar a manta / manga sobre todo o corpo do tubo e envolvê-lo cuidadosamente, efetuando uma dobra de rebatimento sobre a geratriz superior do tubo, evitando sempre a formação de bolsas de ar.

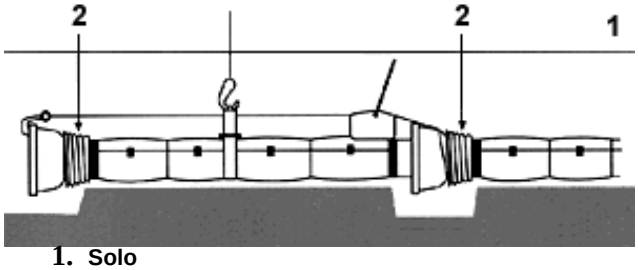


1. Solo

- Fixar a dobra com fita adesiva.
- Fixar sobre o corpo do tubo as extremidades da manta / manga, utilizando a fita adesiva em toda a circunferência, de modo a obter um recobrimento estanque.
- Amarrar com um arame (fio de aço plastificado) a cada 1,50 m.
- Colocar o tubo na vala.
- Proceder à montagem com os equipamentos adequados, mantendo sempre a dobra na geratriz superior
- Tomar cuidado para que o cabo de aço (montagem com TIRFOR) não danifique a manta / manga.

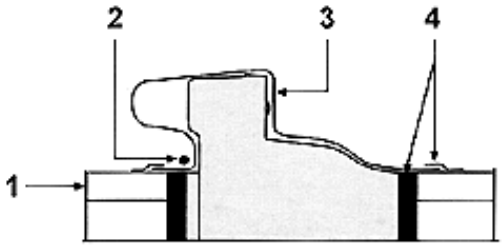


1. Solo
2. Fita Adesiva
3. Arame



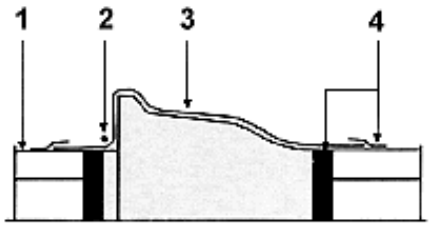
1. Solo
2. Manta / Manga para bolsa

COLOCAÇÃO DA MANTA / MANGA NA JUNTA (BOLSA)



Junta Travada JTE e JM

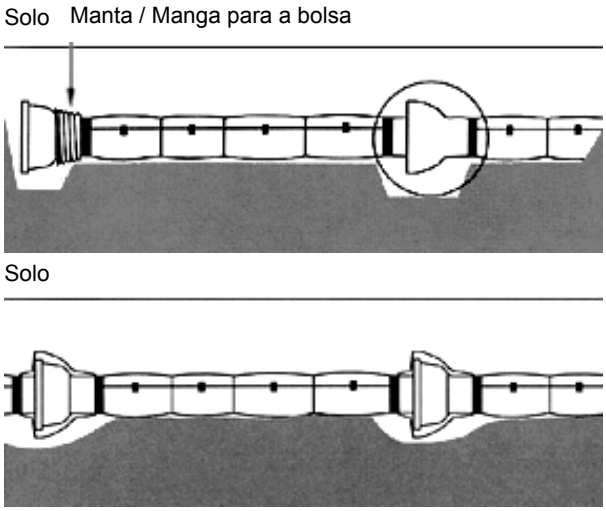
1. Manta / Manga do corpo
2. Arame
3. Manta / Manga da bolsa
4. Fita adesiva



Junta JGS e JTI

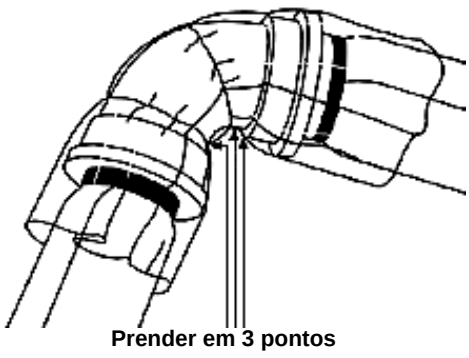
1. Manta / Manga do corpo
2. Arame
3. Manta / Manga da bolsa
4. Fita adesiva

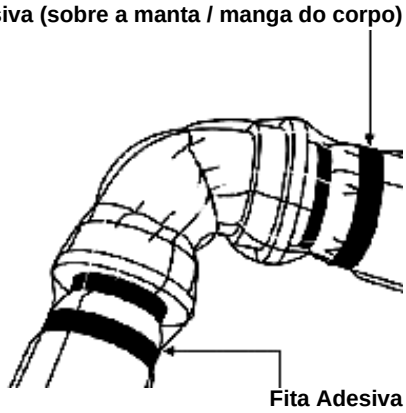
- Colocar a manta / manga da junta na região da bolsa-ponta, tomando o cuidado de preparar uma abertura no fundo da vala, para facilitar a colocação da manta / manga bem como da fita adesiva e do arame plastificado.
- Dobrar a manta / manga da junta esticando ao máximo possível, ou seja, acompanhando o perfil da bolsa e recobrindo a manta / manga do corpo do tubo. Nesta região, a dobra de rebatimento também deve ficar na geratriz superior.
- Envolvê-la com um arame plastificado o mais próximo possível do contra-flange, quando se tratar de uma canalização com junta elástica JTE ou JM, ou o mais próximo possível do espelho da bolsa, quando se tratar de uma canalização com junta elástica JGS ou JTI.
- Fixar suas extremidades sobre a manta / manga do corpo do tubo, tanto no lado da ponta como no lado da bolsa, usando a fita adesiva em toda a circunferência, a fim de obter um recobrimento estanque.
- A montagem sucessiva das mantas / mangas no corpo dos tubos e nas juntas deve formar uma proteção contínua.



COLOCAÇÃO DA MANTA / MANGA NAS CONEXÕES

Utilizar a mesma manta / manga de polietileno para proteger as conexões. Dependendo da sua forma, será necessário fazer recortes na manta / manga, de maneira a adequá-la ao perfil da conexão, para se obter uma melhor estanqueidade. A aplicação deve ser realizada respeitando-se as recomendações anteriores.





QUANTIDADES E DIMENSÕES

As dimensões da manta ou manga por tubo, e as quantidades de arame e fita adesiva estão definidas na tabela abaixo:

DN	POLIETILENO		Arame Plastificado (por tubo)		Fita Adesiva (por tubo)	
	Manga (m) Ø x comp.	Manta (m) comp. x larg.	Quantidade	(m)	Quantidade	(m)
75		0,70x6,0	4	2,0	4	1,60
80		0,70x6,0	4	2,0	4	1,60
100		0,70x6,0	4	2,30	4	1,80
150		1,00x6,0	4	2,90	4	2,60
200		1,3x6,0	4	3,60	4	3,40
250		1,5x6,0	4	4,20	4	4,40
300		1,5x6,0	4	4,90	4	5,20
350	Ø 1,30x6,0	1,70x6,0	4	5,60	4	6,00
400	Ø 1,30x6,0	2,00x6,0	4	6,20	4	6,80
450	Ø 1,30x6,0	2,20x6,0	4	7,60	4	7,60
500	Ø 1,30x6,0	2,40x6,0	4	8,30	4	8,40
600	Ø 1,30x6,0	2,80x6,0	4	9,60	4	10,00
700	Ø 1,90x7,0	3,30x8,0	4	13,60	4	11,60
800	Ø 1,90x7,0	3,70x8,0	4	15,30	4	13,20
900	Ø 2,54x7,0	4,20x8,0	4	16,90	4	14,80
1000	Ø 2,54x7,0	4,70x8,0	4	18,50	4	16,40
1200	Ø 2,54x7,0	5,60x8,0	6	26,10	4	19,80

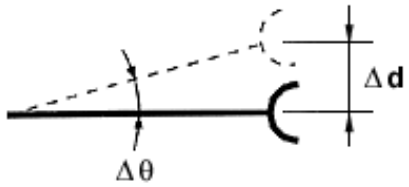
DEFLEXÃO ANGULAR

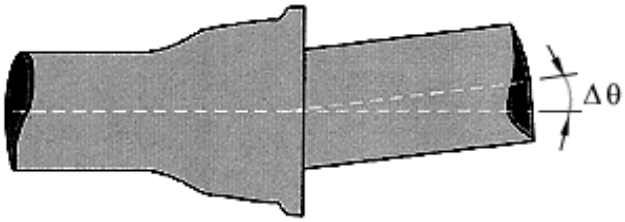
As juntas com bolsas da **Saint-Gobain Canalização** admitem deflexão angular. Além das vantagens no assentamento ou na absorção dos movimentos do terreno, a deflexão angular permite não só a execução de curvas de grande raio sem utilizar conexões, como também o ajuste de certas modificações de traçado.

Veja a seguir:

- Deflexão admitida após a montagem
- Juntas JGS, JTI, JTE, JM, JPK

DEFLEXÃO ADMITIDA APÓS A MONTAGEM





Δ θ Deflexão
Δ d Desvio

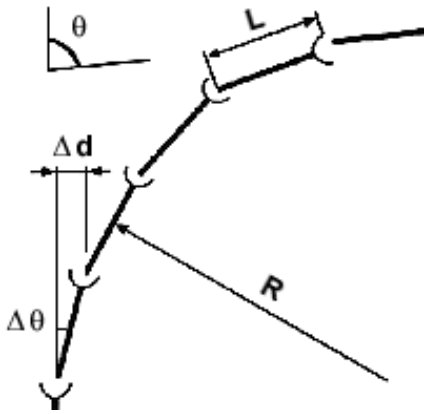
JUNTAS JGS, JTI, JTE, JM, JPK

DN	Deflexão admitida no assentamento Δ θ (°)	Comprimento dos tubos (m)	Raio de curvatura R (m)	Deslocamento Δ d (cm)
80 a 150	5°	6	69	52
200 a 300	4°	6	86	42
350 a 600	3°	6	115	32
700 e 800	2°	7	200	25
900 a 1200	1° 30'	7	267	19
1200 a 1800	1° 30'	8	305	21
1400 a 1600*	1° *	8	458	14

* Junta Pamlock

Curvas de grande raio podem ser facilmente executadas através de deflexões sucessivas das juntas com bolsas. Porém, a montagem deve ser executada com os tubos perfeitamente alinhados e nivelados. A deflexão não deve ser realizada enquanto a montagem da junta não for totalmente concluída.

- Raio de curvatura: $R = \dfrac{L}{2 \operatorname{sen} \dfrac{\Delta \theta}{2}}$



- Número de tubos necessários para uma mudança de direção:

  N = $\theta \div \Delta\theta$

- Comprimento da mudança de direção:

  C = N × L, onde:

Δd: deslocamento do tubo (m)
L: comprimento do tubo (m)
θ: ângulo da mudança de direção (graus)
$\Delta\theta$: deflexão da junta (graus)
C: extensão da mudança de direção (m).

PASTA LUBRIFICANTE

A estanqueidade das juntas elásticas é obtida, no momento da montagem, pela compressão radial do anel de borracha. A montagem destas juntas exige a utilização de uma pasta lubrificante, destinada a reduzir o atrito entre o tubo e o anel de borracha.

Veja a seguir:

- Acondicionamento & Aplicação
- Exemplo de aplicação no anel de junta JGS e JTI
- Características da pasta lubrificante
- Quantidade

ACONDICIONAMENTO

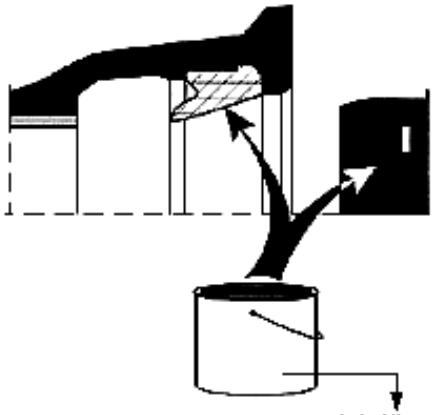
A pasta lubrificante é acondicionada em potes plásticos de 0,9 kg, nos quais estão indicadas as recomendações de utilização.

APLICAÇÃO

Assegurar-se previamente de que a ponta do tubo está devidamente limpa e chanfrada. Se não estiver, executar a limpeza e o chanfro antes de aplicar o lubrificante. Ver Corte dos Tubos.

EXEMPLO DE APLICAÇÃO NO ANEL DE JUNTA JGS E JTI

A pasta é aplicada sobre a superfície visível do anel, colocado no seu alojamento e sobre a ponta do tubo.



Pasta lubrificante

CARACTERÍSTICAS DA PASTA LUBRIFICANTE

A pasta lubrificante:

- diminui o atrito da montagem,
- é de fácil aplicação,
- é solúvel na água,
- pode ser utilizada em uma larga faixa de temperaturas.

Sua composição:

- preserva as qualidades da água potável,
- evita a proliferação de bactérias.

A pasta lubrificante fornecida pela **Saint-Gobain Canalização** satisfaz as exigências de alimentaridade, é solúvel em água e não afeta as características de potabilidade.

Óleo mineral, vaselina ou graxa não devem ser utilizados, pois com o tempo, danificam a borracha.

QUANTIDADE

A tabela abaixo apresenta a quantidade aproximada de juntas lubrificadas com pote de pasta lubrificante.

DN	Número de juntas	DN	Número de juntas
80	82	450	17
100	69	500	15
150	53	600	12
200	43	700	11
250	33	800	10
300	27	900	9
350	23	1000	8
400	20	1200	5

MONTAGEM DA JUNTA JGS

A montagem da junta JGS é realizada pela simples introdução da ponta do tubo na bolsa. A instalação desta junta é simples e rápida.

Veja a seguir:

- Limpeza
- Colocação do anel de borracha
- Verificação da colocação do anel
- Marcação da profundidade de encaixe
- Lubrificação
- Montagem

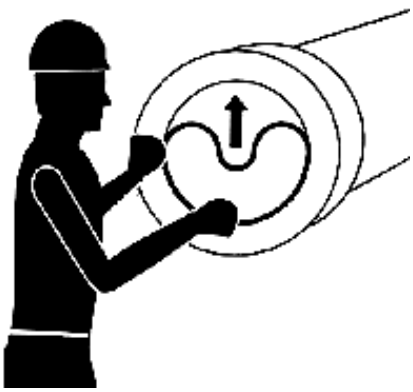
LIMPEZA

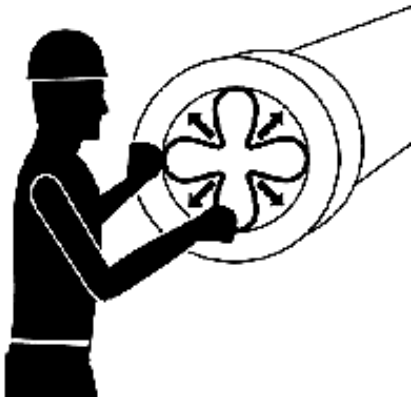
- Limpar cuidadosamente o interior da bolsa e a ponta do tubo. Dar especial atenção à limpeza do alojamento do anel de borracha (eliminar qualquer depósito de terra, areia, etc...).
- Limpar também a ponta do tubo a montar assim como o anel de borracha.
- Confirmar a existência do chanfro, assim como o bom estado da ponta do tubo. No caso de ter havido corte, o chanfro deve ser refeito.

COLOCAÇÃO DO ANEL DE BORRACHA

Recomendamos que a colocação do anel de borracha seja feita fora da vala.

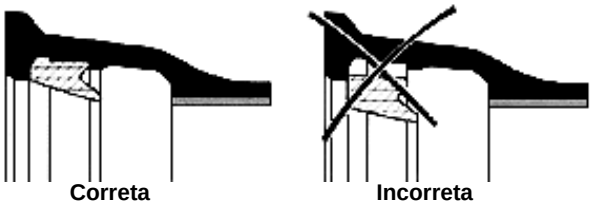
- Verificar o estado do anel e introduzí-lo no alojamento, dando-lhe a forma de um coração, e com os *lábios* voltados para o fundo da bolsa.
- No caso de grandes diâmetros, é preferível deformar o anel de borracha em forma de cruz, para instalá-lo.
- Exercer um esforço radial sobre o anel nas partes deformadas, a fim de acomodá-lo no alojamento.





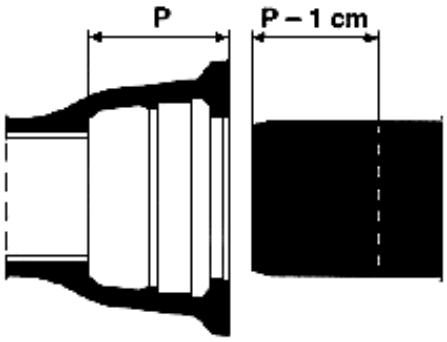
VERIFICAÇÃO DA COLOCAÇÃO DO ANEL

- Verificar se o anel de borracha está corretamente colocado em toda a sua periferia.



MARCAÇÃO DA PROFUNDIDADE DE ENCAIXE

Não existindo nenhuma marcação sobre a ponta do tubo, deve-se traçar um risco a uma distância da extremidade da ponta igual à profundidade da bolsa P, menos 1 cm.



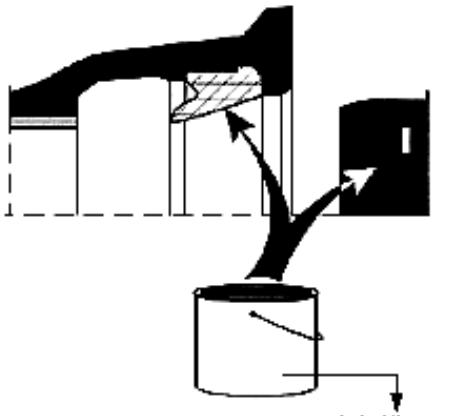
DN	P mm	DN	P mm
80	92,5	450	115,5
100	94,5	500	117,5
150	100,5	600	122,5
200	106,5	700	147,5
250	105,5	800	147,5
300	107,5	900	147,5
350	110,5	1000	157,5
400	112,5	1200	167,5

LUBRIFICAÇÃO

Aplicar uma camada de pasta lubrificante sobre:

- a superfície visível do anel da junta,
- o chanfro e a ponta do tubo até a marcação.

A pasta lubrificante deve ser aplicada com pincel.



MONTAGEM

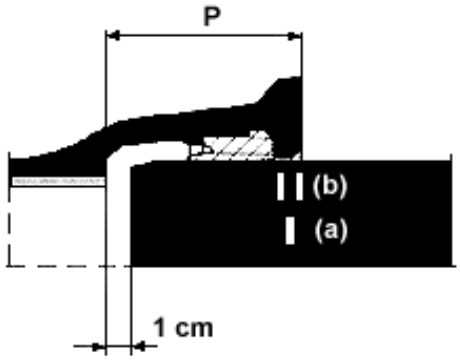
- Centrar a ponta do tubo na bolsa e manter a tubulação nesta posição.
- Introduzir a ponta do tubo dentro da bolsa, observando o alinhamento e o nivelamento.
- Defletir, se necessário, no limite de ângulo admissível. Ver **Montagem (Aparelhos)** e **Deflexão Angular**.

a. Caso de tubos marcados na obra

Encaixar até que a marca da profundidade chegue ao espelho da bolsa. Não ultrapassar esta posição.

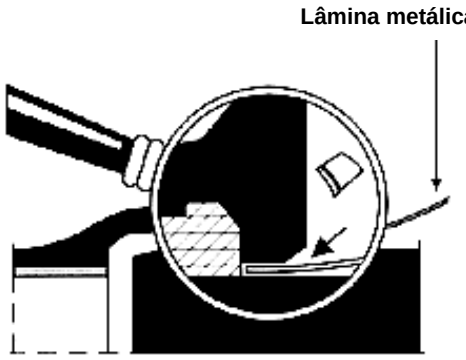
b. Caso de tubos marcados na fábrica

Encaixar a ponta do tubo até a primeira marca desaparecer dentro da bolsa. A segunda marca deve ficar visível após a montagem.



Verificação

Montada a junta, verificar se o anel está na posição correta no alojamento, passando, no espaço anular compreendido entre a ponta do tubo e a entrada da bolsa, a extremidade de uma lâmina metálica, até que ela encoste no anel: em todos os pontos da circunferência, a lâmina deve apresentar a mesma penetração.



MONTAGEM DA JUNTA JTI

A montagem da junta é feita pela simples introdução da ponta do tubo na bolsa onde já está colocado o anel com garras metálicas. A montagem desta junta é simples e rápida. A junta JTI não é mais desmontável após submetida à tração e/ou pressão. Caso necessário, consulte a **Saint-Gobain Canalização** para desmontá-la antes de colocar a rede em pressão.

Veja a seguir:

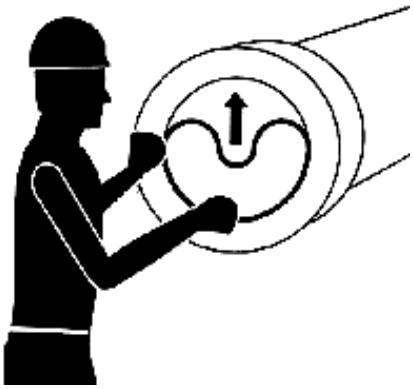
- Limpeza
- Colocação do anel de borracha
- Verificação da colocação do anel de borracha
- Marcação da profundidade de penetração
- Lubrificação
- Montagem
- Desmontagem

LIMPEZA

- Limpar cuidadosamente o interior da bolsa do tubo. Dar atenção especial à limpeza do alojamento do anel de borracha (eliminar qualquer resíduo de terra, areia...).
- Limpar a ponta do tubo a montar, assim como o anel de borracha.
- Verificar a existência do chanfro, assim como o bom estado da ponta do tubo. No caso de ter havido corte, o chanfro deve ser obrigatoriamente refeito.

COLOCAÇÃO DO ANEL DE BORRACHA

- Recomendamos que a colocação do anel de borracha seja feita fora da vala.
- Verificar o estado do anel e introduzí-lo no alojamento, dando-lhe a forma de um coração, e com os *lábios* voltados para o fundo da bolsa.
- Exercer um esforço radial sobre o anel nas partes deformadas, a fim de colocá-lo no alojamento.

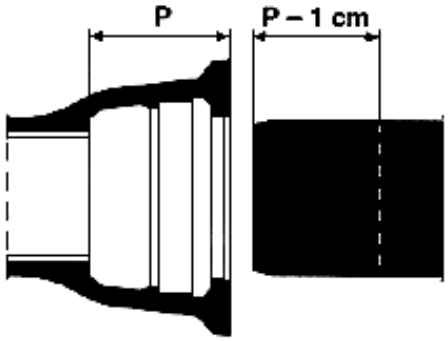


VERIFICAÇÃO DA COLOCAÇÃO DO ANEL DE BORRACHA

- Verificar se o anel de borracha está corretamente colocado em toda a sua periferia.

MARCAÇÃO DA PROFUNDIDADE DE PENETRAÇÃO

DN	P	DN	P
mm	mm	mm	mm
80	92,5	200	106,5
100	94,5	250	105,5
150	100,5	300	107,5

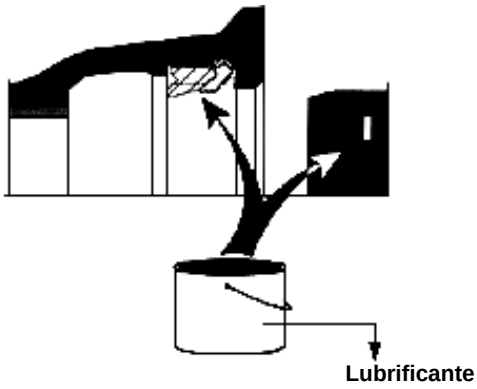


LUBRIFICAÇÃO

Aplicar uma camada de pasta lubrificante sobre:

- a superfície visível do anel da junta,
- o chanfro e a ponta do tubo até a marcação.

A pasta lubrificante deve ser aplicada com pincel.



MONTAGEM

- Centrar a ponta na bolsa e manter o tubo nesta posição, apoiando-o sobre dois calços.
- Introduzir a ponta do tubo dentro da bolsa, conservando o alinhamento e o nivelamento dos tubos a montar
- Defletir, se necessário, no limite do ângulo admíssivel, após a montagem.

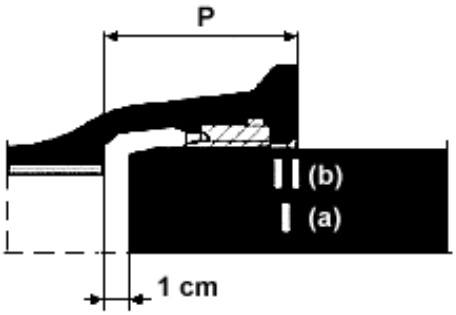
Ver Montagem (aparelhos) e Deflexão Angular.

a. Caso de tubos marcados na obra

Encaixar até que a marca de profundidade encontre o espelho da bolsa. Não ultrapassar esta posição.

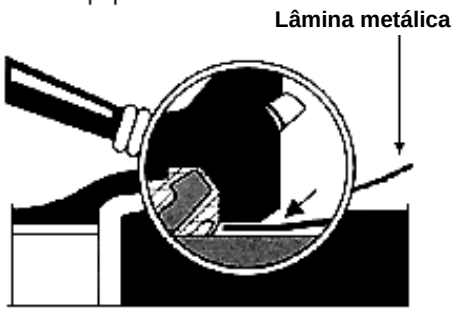
b. Caso de tubos marcados na fábrica

Encaixar a ponta do tubo até a primeira marca desaparecer dentro da bolsa. A segunda marca deve ficar visível após a montagem.



Verificação

Montada a junta, verificar se o anel está na posição correta no alojamento, passando, no espaço anular compreendido entre a ponta do tubo e a entrada da bolsa, a extremidade de uma lâmina metálica, até que ela encoste no anel: em todos os pontos da circunferência, a lâmina deve apresentar a mesma penetração.



DESMONTAGEM

A junta JTI é desmontável antes de colocada sob pressão, com ajuda de um conjunto de desmontagem específico. Consultar a **Saint-Gobain Canalização**.

Uma vez submetida à pressão ou à tração, esta junta não é mais desmontável.

MONTAGEM DA JUNTA JTE

A montagem da junta travada externa JTE é realizada pela introdução da ponta do tubo na bolsa JGS, completada posteriormente com um sistema de travamento, constituído por um anel de travamento e por um contra-flange apertado por parafusos. No caso de ser necessário cortar o tubo, deve-se refazer, após o corte, o chanfro e o cordão de solda próximo à ponta.

Veja a seguir:

- Limpeza
- Colocação do anel de borracha
- Verificação da colocação do anel de borracha
- Colocação do anel de travamento e do contra-flange
- Anel de travamento
- Marcação da profundidade da penetração
- Lubrificação
- Montagem
- Verificação
- Posicionamento do anel de travamento
- Posicionamento do contra-flange

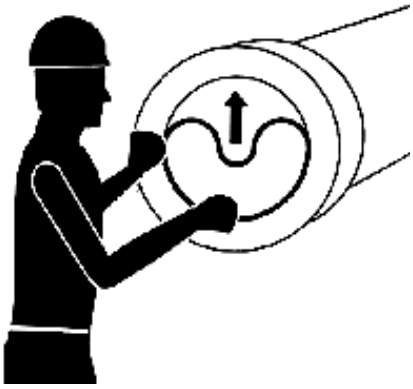
LIMPEZA

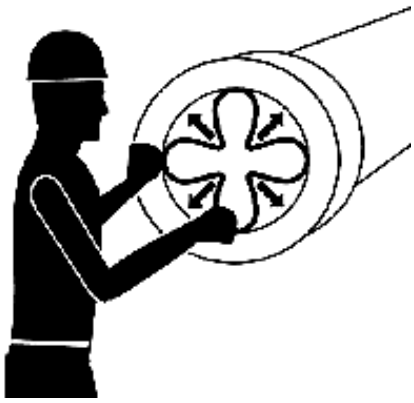
- Limpar cuidadosamente o interior da bolsa e a ponta do tubo. Dar especial atenção à limpeza do alojamento do anel de borracha (eliminar qualquer resíduo de terra, areia, etc...).
- Limpar também a ponta do tubo a montar assim como o anel de borracha.
- Confirmar a existência do chanfro, assim como o bom estado da ponta do tubo. No caso de ter havido corte, o chanfro e o cordão de solda devem ser refeitos.

COLOCAÇÃO DO ANEL DE BORRACHA

Recomendamos que a colocação do anel de borracha seja feita fora da vala.

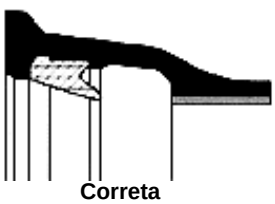
- Verificar o estado do anel e introduzí-lo no alojamento, dando-lhe a forma de um coração, e com os *lábios* voltados para o fundo da bolsa.
- No caso de grandes diâmetros, é preferível deformar o anel de borracha em forma de cruz, para instalá-lo.
- Exercer um esforço radial sobre o anel nas partes deformadas, a fim de acomodá-lo no alojamento.



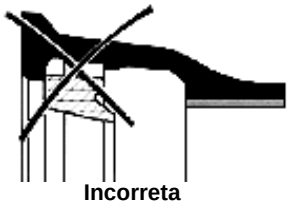


VERIFICAÇÃO DA COLOCAÇÃO DO ANEL DE BORRACHA

- Verificar se o anel de borracha está corretamente colocado em toda a sua periferia.



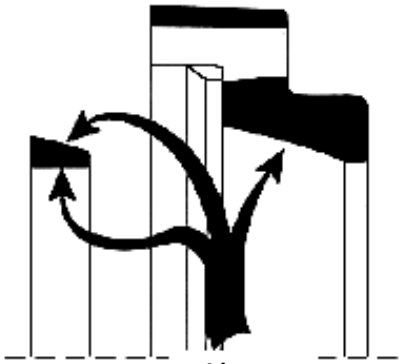
Correta



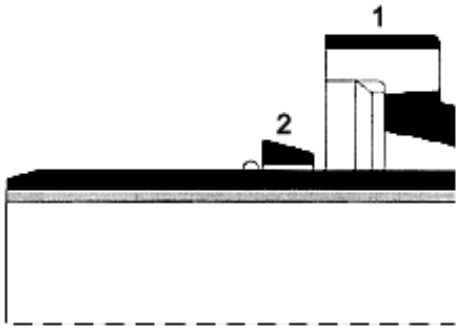
Incorreta

COLOCAÇÃO DO ANEL DE TRAVAMENTO E DO CONTRA-FLANGE

- Limpar cuidadosamente o anel de travamento e o contra-flange, principalmente nos locais indicados na figura.
- Colocar primeiro o contra-flange e depois o anel de travamento sobre a ponta do tubo, após o cordão de solda.



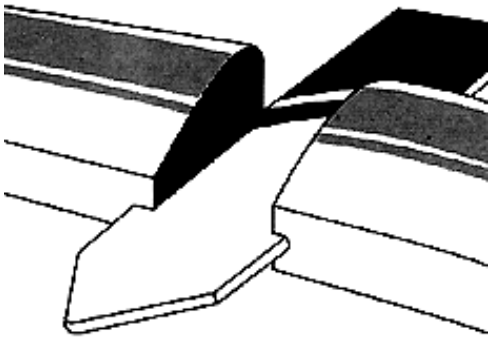
Limpar



1. Contra flange
2. Anel de Trava

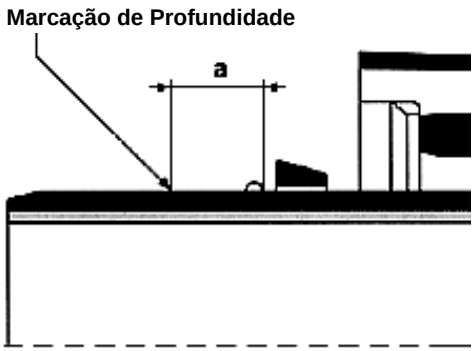
ANEL DE TRAVAMENTO

Como o diâmetro interno do anel de travamenlo é inferior ao diâmetro externo do cordão de solda, é necessário abrir esse anel com a ajuda de um calço, que se introduz na descontinuidade existente.



MARCAÇÃO DA PROFUNDIDADE DA PENETRAÇÃO

Traçar sobre a ponta uma marcação da profundidade de penetração, a uma distância *a* do cordão de solda. O valor de *a* está indicado na tabela abaixo.



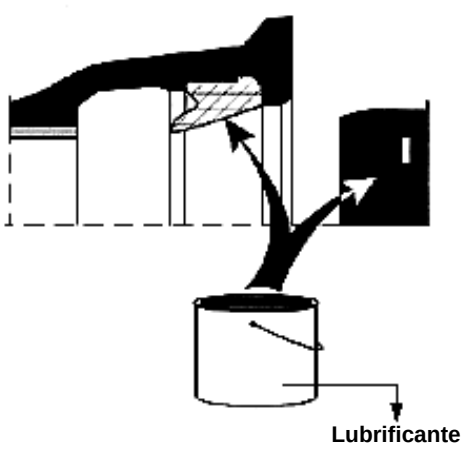
DN	a (mm)
300 a 500	30
600 a 1000	35
1200	25

LUBRIFICAÇÃO

Aplicar uma camada de pasta lubrificante:

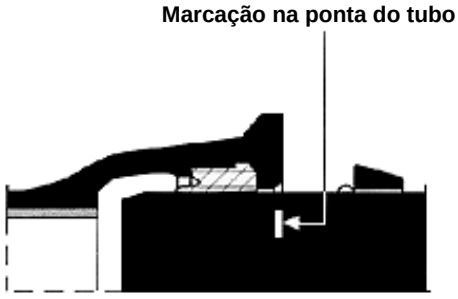
- na superfície visível do anel,
- no chanfro e na ponta do tubo até a marcação.

A pasta lubrificante deve ser aplicada com pincel.



MONTAGEM

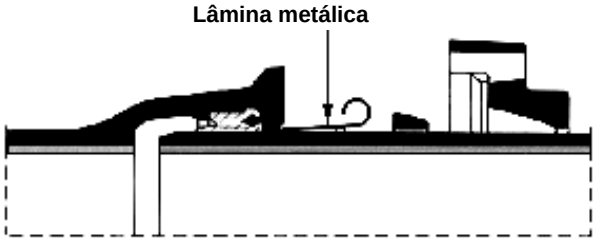
- Centrar a ponta do tubo na bolsa e manter o tubo nesta posição, apoiando-o sobre dois calços.
- Introduzir a ponta do tubo dentro da bolsa, conservando o alinhamento e o nivelamento dos elementos a montar.
- Encaixar até que a marca da profundidade encontre o espelho da bolsa. Não ultrapassar esta posição.
- Defletir, se necessário, após a colocação do contra-flange.



Ver **Montagem (aparelhos)** e **Deflexão Angular**.

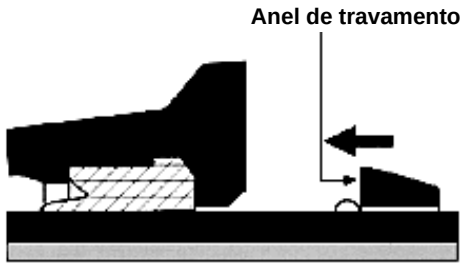
VERIFICAÇÃO

Montada a junta, verificar se o anel está na posição correta no alojamento, passando, no espaço anular compreendido entre a ponta do tubo e a entrada da bolsa, a extremidade de uma lâmina metálica, até que ela encoste no anel: em todos os pontos da circunferência, a lâmina deve apresentar a mesma penetração.



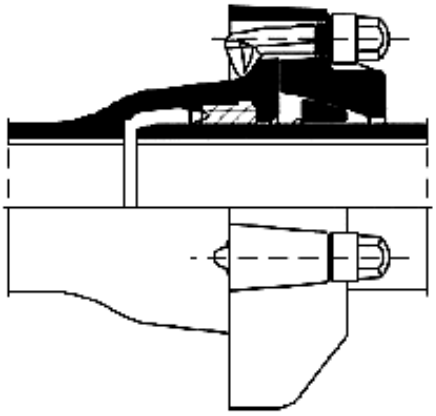
POSICIONAMENTO DO ANEL DE TRAVAMENTO

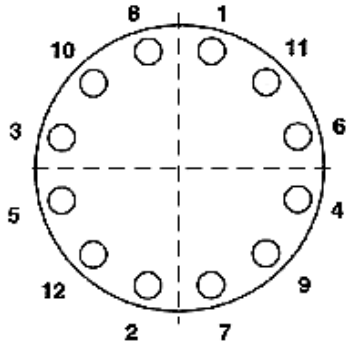
Deslizar o anel de travamento até encostar toda sua circunferência no cordão de solda.



POSICIONAMENTO DO CONTRA-FLANGE

- Colocar o contra-flange em contato com o anel de travamento, centrando-o.
- Colocar os parafusos e apertar as porcas manualmente até estarem em contato com o contra-flange.
- Apertar as porcas até o contra-flange estar em contato com o espelho da bolsa (este contato é facilmente detectado por um aumento muito rápido do torque de aperto). As porcas devem ser apertadas de forma gradativa e alternada como se faz com as porcas de uma roda de automóvel.





No momento da montagem, os tubos devem estar alinhados. Só depois de concluída a operação de aperto dos parafusos, é que se deve realizar a deflexão angular, respeitando-se os limites admissíveis. Ver **Deflexão Angular**.

CORDÃO DE SOLDA PARA TRAVAMENTO

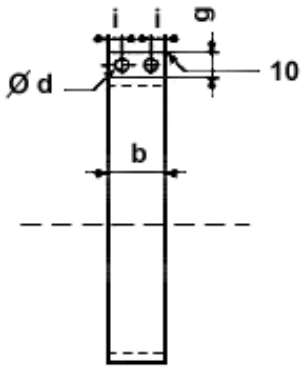
O sistema de travamento externo possui um cordão de solda no lado da ponta dos tubos, feito na fábrica. Em caso de corte dos tubos, o cordão de solda deve ser feito na obra.

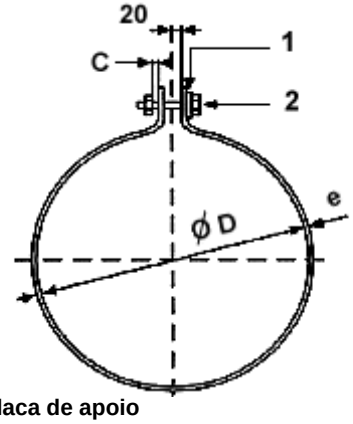
Veja a seguir:

Material necessário
Procedimento

MATERIAL NECESSÁRIO

- Transformador de solda elétrica: estático, rotativo ou contínuo, devendo fornecer 150A no mínimo.
- Ferramentas e acessórios de solda, tais como: luvas, máscara, escova de aço, picão, etc.
- Esmeril elétrico ou pneumático.
- Eletrodos ferro-níquel (com no mínimo 60% de níquel) de diâmetro igual a 3,2 mm.
- Anel guia de cobre para execução do cordão (segundo o DN) conforme características da tabela a seguir:





1. **Placa de apoio**
2. **Parafuso di × l**

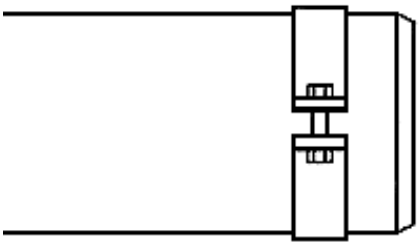
DN	Anel			Placa de apoio				Parafusos		Massa total
	D	e	b	c	g	i	d	d	l	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg
80	96	5	25	8	40	12,5	9	8	80/50	0,630
100	116	5	25							0,700
150	168	5	25							0,890
200	220	5	25							1,100
250	271	5	35	8	40	12,5	9	8	80/50	1,700
300	323	5	35							1,900
350	375	5	35							2,200
400	477	5	35							2,600
450	477	5	35							2,700
500	528	5	35							3,200
600	631	5	50	8	40	12,5	9	8	80/50	4,900
700	734	5	50							5,600
800	837	5	50							6,400
900	940	5	50							7,000
1000	1043	5	50							7,800
1200	1249	5	50							9,200

PROCEDIMENTO

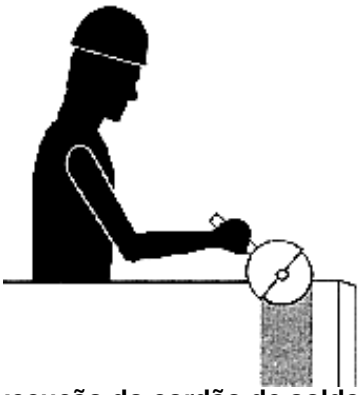
Preparação da superficie para soldagem

Com a ajuda do anel de cobre, traçar com giz a posição do cordão de solda na ponta do tubo.

- Deslocar o anel de cobre.
- Esmerilhar cuidadosamente a zona onde será efetuado o cordão de solda em uma largura de 25 mm. O esmerilhamento não deve afetar a espessura do tubo.
- Colocação do anel de cobre.
- Colocar e apertar o anel de cobre a montante da posição do cordão de solda, respeitando a cota **a** (ver tabela **Dimensões e posição do cordão de solda** a seguir)



Este anel deve ser montado sobre a superfície externa do tubo. Se for preciso, bater o anel suavemente para obter um bom posicionamento.



Execução do cordão de solda

- Regulagem da máquina de solda: 95 a 105 A

- Executar o cordão de solda junto ao anel de cobre para obter uma face uniforme e ortogonal à face do tubo.

- O cordão deve ser feito com um único passe, por um soldador experiente, com eletrodos de 3,2 mm de diâmetro.

- É importante respeitar as cotas **b** e **c** do cordão de solda. (ver tabela **Dimensões e posição do cordão de solda** a seguir)

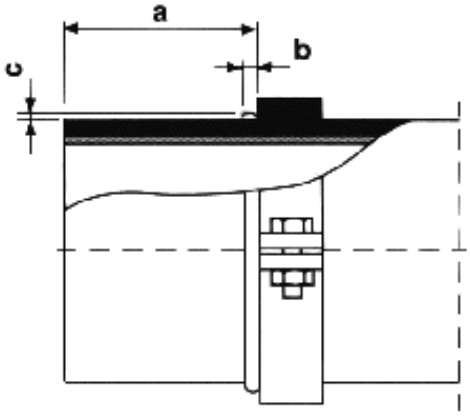
- Manter a zona de trabalho girando o tubo

Reparação do revestimento externo

O revestimento externo deve ser reconstituído em volta do cordão de solda. Ver **Reparação do Revestimento Externo**.

1º) Aplicar uma camada de tinta rica em zinco.
2º) No cordão de solda, após a limpeza e escovação da solda, aplicar uma tinta betuminosa de base asfáltica, com um pincel.

Dimensões e posição do cordão de solda



DN	a		Quantidade de passes	DN	b		Quantidade de passes
	Nominal	Tolerância			Nominal	Tolerância	
	mm	mm			mm	mm	
-	-	±3	1	300 e 350	7	±3	1
-	-			400 a 800	8		
-	-			900 a 1200	9		
-	-						
-	-						
300	115						
350	114						
400	113						
450	120						
500	125			DN	c		Quantidade de passes
600	135				Nominal	Tolerância	
700	148				mm	mm	
800	150			300	3	±3	1
900	155			350 to 450	3,5		
1000	155			500 to 1 000	4		
1200	165			1200	6	-	

MONTAGEM DA JUNTA MECÂNICA

A montagem da junta mecânica realiza-se pela introdução da ponta do tubo na bolsa, seguida da compressão do anel de borracha por um aperto do contra-flange e parafusos. A montagem desta junta é simples, rápida e não requer esforço de montagem.

Veja a seguir:

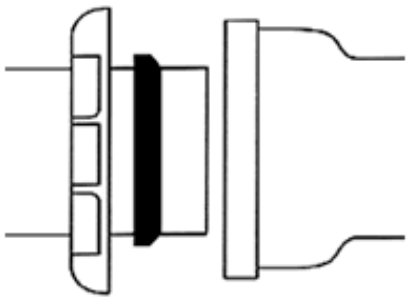
- Limpeza
- Colocação do contra-flange e do anel de junta
- Encaixe
- Montagem
- Aperto dos parafusos

LIMPEZA

- Limpar cuidadosamente o interior da bolsa da conexão. Dar atenção especial à limpeza do alojamento do anel da junta (eliminar qualquer resíduo de terra, areia..).
- Limpar a ponta do tubo a montar e o próprio anel de borracha.
- Verificar o bom estado da ponta do tubo.

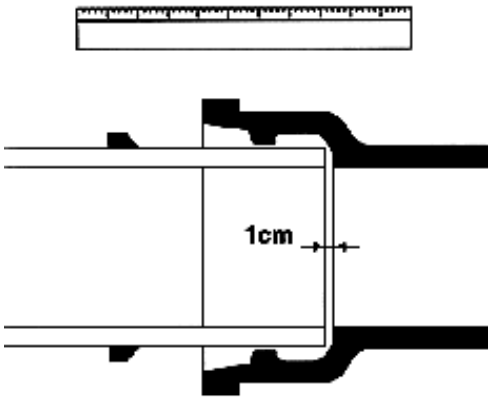
COLOCAÇÃO D0 CONTRA-FLANGE E DO ANEL DE JUNTA

- Fazer deslizar o contra-flange na ponta, depois o anel de borracha (com os furos voltados para o contra-flange).



ENCAIXE

- Introduzir a ponta até o fundo da bolsa, mantendo o alinhamento das peças a montar, e depois recuá-la cerca de 1 cm.

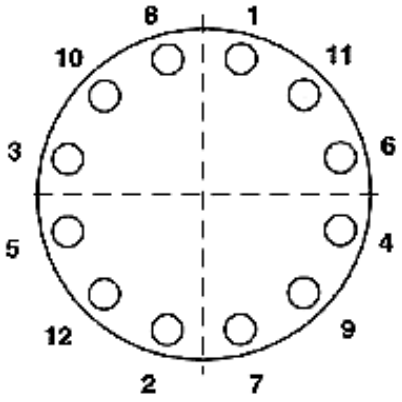


MONTAGEM

- Fazer deslizar o anel de borracha sobre o tubo, até encaixá-lo no seu alojamento; deslizar em seguida o contra-flange até encostá-lo no anel de borracha.
- Colocar os parafusos e apertar as porcas manualmente até encostar no contra-flange.
- Apertar, obedecendo a tabela de torque.
- Defletir, se necessário, no limite de ângulo admissível. Ver **Deflexão Angular**.

APERTO DOS PARAFUSOS

- Verificar a posição do contra-flange, centralizando-o e, depois, apertar as porcas, na ordem dos números do esquema, como se faz com as porcas de uma roda de automóvel.
- Após os ensaios hidrostáticos, é indispensável verificar o aperto dos parafusos e reapertá-los, se necessário.
- No caso de grandes diâmetros, o aperto dos parafusos deve iniciar-se quando a conexão a montar estiver ainda suspensa pelo gancho do equipamento de içamento. A ponta do tubo deve estar bem centrada na bolsa e o anel da junta corretamente posicionado no alojamento.



Torque de aperto dos parafusos:

Diâmetro do Parafuso mm	Torque de aperto m. N
15	100
18	100
20	120
24	150

MONTAGEM DA JUNTA COM FLANGES

A Junta com Flanges permite facilmente a montagem e a desmontagem de uma canalização (reparação, inspeção, manutenção).

É importante respeitar a ordem e o torque de aperto ao submeter a tubulação à tração no momento do aperto dos parafusos.

Veja a seguir:

- Procedimento

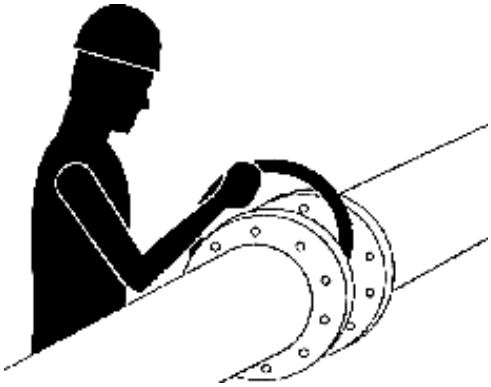
PROCEDIMENTO

Limpeza e alinhamento dos flanges

- Verificar o aspecto e a limpeza das faces dos flanges e da arruela de vedação da junta.
- Alinhar as peças a montar.
- Deixar entre os dois flanges um pequeno espaço que permita a passagem da arruela de vedação, a qual em função de pressão de serviço, pode ser de borracha ou de amianto grafitado.

Colocação da arruela

Centrar a arruela entre os ressaltos dos dois flanges:



Conforme o tipo de arruela utilizada e a pressão máxima de serviço (PN), recomenda-se respeitar os seguintes valores de torque de aperto dos parafusos:

DN	Arruela		
	Borracha	Amianto grafitado	
	PN 10	PN 16	PN 25
	m. N	m. N	m. N
80	70	75	90
100	80	80	135
150	120	135	230
200	140	130	220
250	130	180	335
300	145	210	325
350	135	200	460
400	185	270	615
450	180	260	580
500	195	345	695
600	275	505	1010
700	295	635	1160
800	405	870	1690
900	415	900	1755
1000	535	1175	2420
1200	695	1630	2920

TESTE NA OBRA

O teste na obra permite verificar a estanqueidade e a estabilidade da canalização antes da sua entrada em serviço.

O recebimento da obra está condicionado ao teste hidrostático. Deve ser realizado no menor prazo após a instalação e deve ser executado segundo as instruções da norma NBR 9650. Toda a tubulação deve ser testada, podendo o teste ser realizado por trechos.

Veja a seguir:

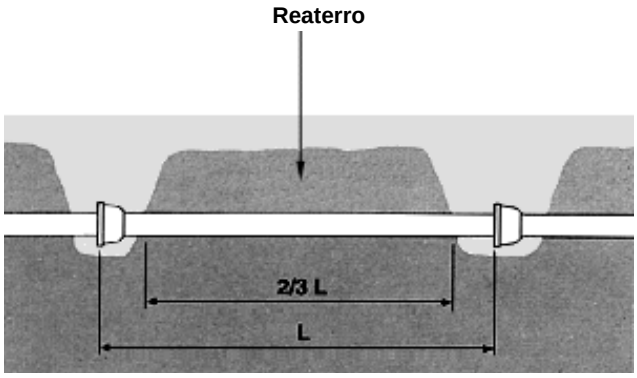
- 1. Comprimento do trecho
- 2. Preparação do teste
- 3. Enchimento da canalização
- 4. Pressurização
- 5. Duração
- 6. Colocação em serviço

1. COMPRIMENTO DO TRECHO

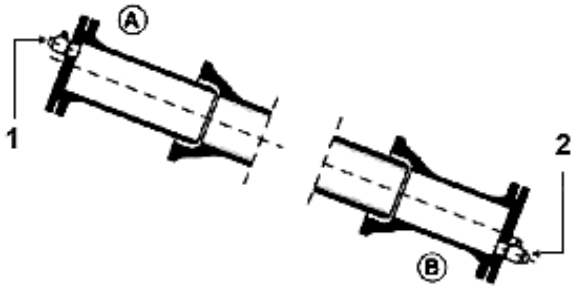
O comprimento dos trechos a testar depende da configuração do traçado.
Quanto maior for o comprimento da canalização, mais difícil será a localização de eventuais fugas. Na prática, é usual começar por trechos de até 500 m e depois evoluir para comprimentos maiores.

2. PREPARAÇÃO DO TESTE

- No intuito de evitar qualquer deslocamento da canalização sob o efeito da pressão da água, deverá ser feito o reaterro dos tubos em sua parte central, deixando as juntas descobertas. Conforme estipulado pelo proieto, todas as ancoragens necessárias deverão ter sido executadas antes da realização do teste.



- Tampar as extremidades do trecho a ensaiar com flanges cegos **(A e B)** equipados com válvulas, para enchimento de água e saída do ar.
- Avaliar os esforços hidráulicos exercidos nas extremidades da canalização e colocar um sistema de ancoragens corretamente dimensionadas, que poderão ser, por exemplo, escoras de madeira transversalmente engastadas na vala ou dispositivo equivalente (com macaco hidráulico).

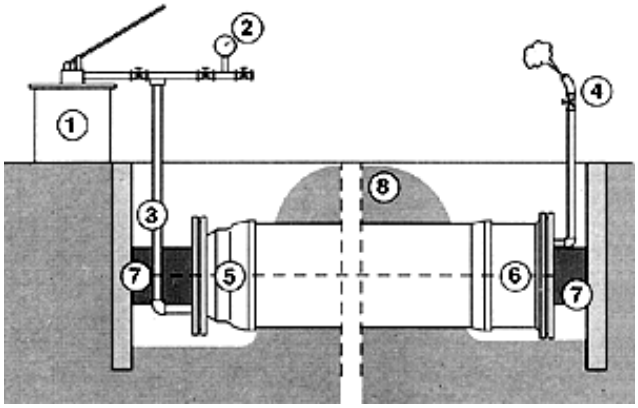


Extremidade alta (A)
1. Saída de ar

Extremidade baixa (B)
2. Bomba de teste

Esquema de princípio de um teste

1. **Bomba de teste**
2. **Manômetro**
3. **Ligação**
4. **Purga de ar**
5. **Conjunto de tamponamento na extremidade**
6. **Conjunto de tamponamento na extremidade**
7. **Sistema de ancoragem**
8. **Reaterro**



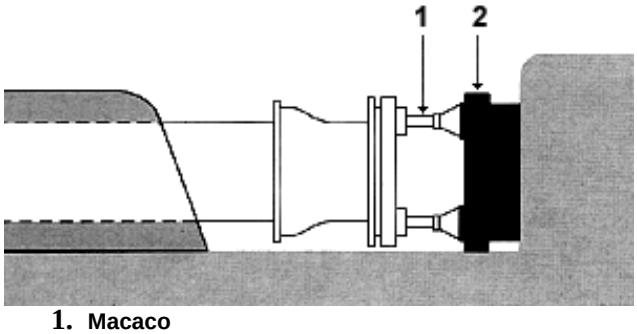
- Evitar o apoio sobre a extremidade da canalização assentada já submetida ao teste hidráulico.
- As extremidades do trecho objeto de teste podem deslocar-se lateralmente sob o efeito da pressão. Deve-se prever ancoragens laterais.

3. ENCHIMENTO DA CANALIZAÇÃO

A canalização deve ser enchida lentamente, preferencialmente a partir dos pontos baixos. Antes de submetê-la a pressão, é importante assegurar a completa eliminação do ar na canalização (pontos altos do trecho).

A colocação sob pressão exerce esforços sobre as ancoragens, que tendem a se deslocar. Para restabelecer as posições iniciais, convém dispor de macacos intercalados, que permitam uma regulagem precisa.
Quando se tratar de uma canalização de recalque, usar bombas para enchê-la pelo ponto baixo, limitando a vazão. No caso de um sifão de grande diâmetro, é preferível enchê-lo a partir do ponto baixo com a ajuda de uma tubulação de pequeno diâmetro. A água sobe assim progressivamente nos dois ramais, sem criar turbulência.

Na medida do possível, aguardar 24 horas antes de efetuar o teste de pressão, de modo que a canalização atinja o seu estado de equilíbrio.



1. **Macaco**
2. **Ancoragem**

Verificação do enchimento

O enchimento da canalização exige a eliminação completa do ar. É uma operação de extrema importância, como já foi assinalado. Para tanto recomenda-se:

- Verificar cuidadosamente o funcionamento das ventosas.
- Cuidar especialmente da abertura dos registros colocadas na base das ventosas.
- Utilizar as válvulas de descarga para verificar a chegada da água.

4. PRESSURIZAÇÃO

Assegurar-se, previamente, de que a pressão de teste tem um valor compatível com aquele que cada elemento componente do trecho a ensaiar pode suportar, e de acordo com o projeto. Caso contrário, isolá-los.

A pressão deve subir lentamente, de modo que se possa acompanhar o comportamento das ancoragens e a regulagem dos macacos. O teste de pressão evidenciará as eventuais falhas na estanqueidade das juntas, e permitirá a verificação da canalização em casos de incidentes ocorridos durante o transporte ou a instalação.

Para as canalizações de ferro dúctil, são usuais as seguintes pressões de teste:

Canalizações de adução e distribuição por gravidade

A pressão de teste do trecho da canalização é:

- 1,5 vezes a pressão máxima de serviço (PMS), quando esta não for superior a 1,0 MPa, não devendo nunca ser inferior a 0,4 MPa.
- a pressão máxima de serviço (PMS) do trecho, acrescida de 0,5 MPa, quando esta for superior a 1,0 MPa.

Canalizações de recalque

A pressão de teste deve ser no máximo igual às pressões de teste admissíveis (PTA), de acordo com cada elemento da canalização e tipo de junta.

Em todos os casos, a pressão não será superior aos valores máximos indicados pelo fabricante para cada um dos componente da canalização.

Ver **Pressão (Terminologia)** e **Pressões de Serviços Admissíveis**.

5. DURAÇÂO

O tempo de duração do teste de pressão deverá ser o recomendado no projeto. Caso não haja recomendação, adotar os valores indicados na tabela. Durante o período de ensaio não é permitida uma diminuição de pressão superior a 0,02 MPa.

DN	Duração (h)
até 200	3
250 a 400	6
450 a 700	18
acima de 700	24

6. COLOCAÇÃO EM SERVIÇO

- Esvaziar a canalização, retirar os equipamentos de teste e fazer a ligação final.
- Lavar corretamente a canalização de modo a eliminar pedras ou terra levadas acidentalmente para dentro durante o assentamento. No caso de uma canalização de água potável, desinfetá-la antes da entrada em serviço.

REPARO E MANUTENÇÃO

O bom desempenho das canalizações, está ligado muitas vezes a ações de manutenção preventiva e corretiva. Estas ações implicam, geralmente, na substituição de elementos da canalização. A **Saint-Gobain Canalização** oferece uma ampla gama de acessórios de reparo e manutenção, que atendem às mais diversas situações, para realizar as junções ponta-ponta e ponta-flange.

Veja a seguir:

- Escolha da peça
- Junção de duas pontas
- Junção de um flange a uma ponta
- Procedimento

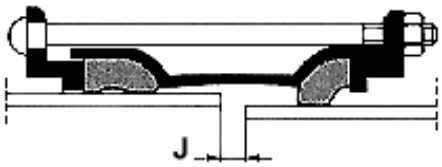
ESCOLHA DA PEÇA

A escolha da peça é função:

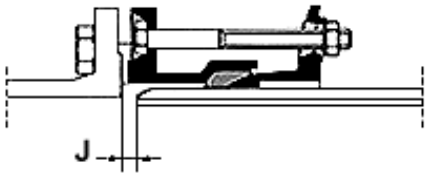
- da junção a efetuar,
- do diâmetro externo da canalização,
- das tolerâncias dos elementos em questão.

Ver Tubos, Conexões e Acessórios para dimensões e tolerâncias.

JUNÇÃO DE DUAS PONTAS

Característica do Acessório Utilizado			Esquema de Montagem
Possibilidade de junção	DN	Tipo de Acessório	
Pontas NBR 13747 (junta JGS) Pontas NBR 7675 (junta JE com larga tolerância) Pontas NBR 7661 (junta chumbo) Pontas PVC PBA Pontas PVC DEFoFo Pontas aço Pontas fibro-cimento	80 a 300	Ultralink	
Pontas NBR 13747 Pontas NBR 7675	80 a 600	Junta Gibault	

JUNÇÃO DE UM FLANGE A UMA PONTA

Característica do Acessório Utilizado			Esquema de Montagem
Possibilidade de junção	DN	Tipo de Acessório	
Pontas NBR 13747 (junta JGS) Pontas NBR 7675 (junta JE com larga tolerância) Pontas NBR 7661 (junta chumbo) Pontas PVC PBA Pontas PVC DEFoFo Pontas aço Pontas fibro-cimento	80 a 300	Ultraquick	

PROCEDIMENTO

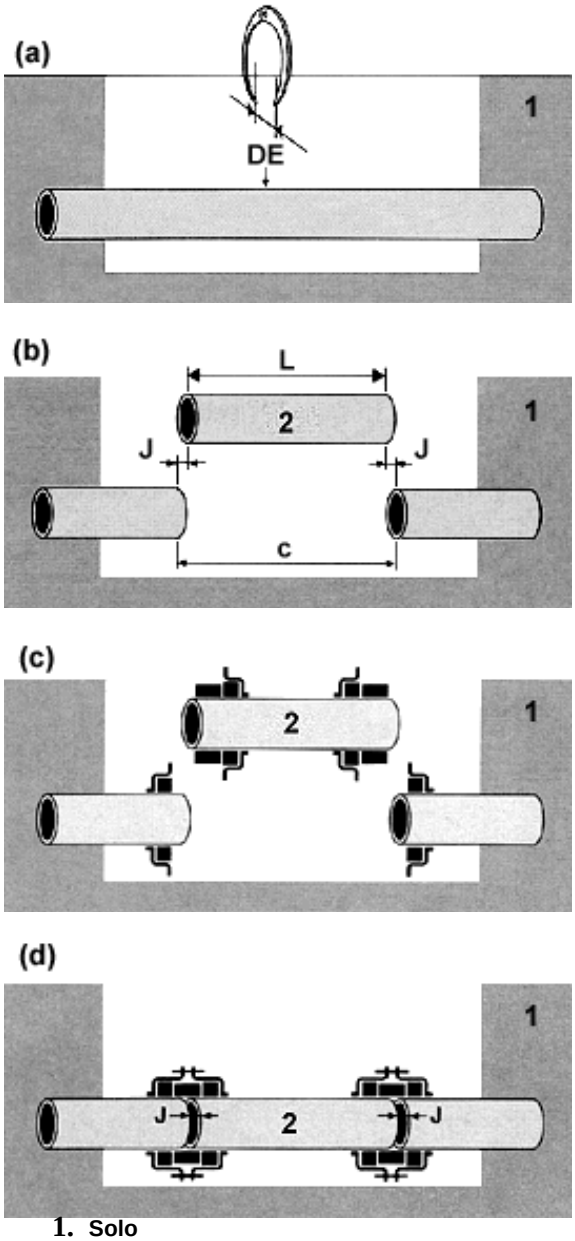
O procedimento a seguir é idêntico para a utilização de Ultralink e da Junta Gilbault. Por semelhança pode ser utilizado para a Ultraquick.

- **(a)** Após escavação da região e limpeza da canalização, verificar o diâmetro externo.
  Escolher, em função do diâmetro externo da canalização, a peça que melhor se adapte para efetuar a manutenção
  (ver tabelas precedentes).

- **(b)** Cortar a canalização existente.
  Ver **Corte dos Tubos**.
  O comprimento da parte da canalização a ser retirada deve ser superior ao comprimento dos acessórios escolhidos para a manutenção.

- **(c)** Colocar o novo segmento de tubo.
  Verificar comprimento antes do corte UU com a tolerância admissível da montagem do acessório (J).
  Comprimento do corte UU = C - 2 × J

- **(d)** Posicionar o corte UU com os acessórios, alinhando-o com as duas pontas remanescentes. Posicionar os acessórios, repartindo as suas tolerâncias admissíveis. Aproximar cada um dos componentes e colocar os parafusos. Verificar a posição correta das peças.



1. **Solo**
2. **Corte UU**

Observações:

- Verificar a estanqueidade depois da canalização ser posta sob pressão.
- Nas redes de água potável as peças devem ser desinfetadas após a montagem.
- Para proteger as junções, utilizar manta de polietileno ou manta termo-contrátil.
  Ver **Manta / Manga de Polietileno (Colocação)**.

SAINT-GOBAIN
CANALIZAÇÃO

PAM

CAPÍTULO 4 - NORMAS TÉCNICAS:

NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS

NBR	
5647:	Tubos de PVC rígido para adutoras e redes de água.
5667:	Hidrantes urbanos de incêndio.
6314:	Peças de ligas de cobre fundidas em areia - Especificação.
6916:	Ferro fundido nodular ou ferro fundido com grafita esferoidal - Especificação.
7560:	Tubos de ferro fundido dúctil centrifugado com flanges roscados ou soldados.
7665:	Sistema para adução e distribuição de água - Tubo de PVC DEFoFo com junta elástica - Especificação.
7675:	Tubos e conexões de ferro dúctil e acessórios para sistemas de adução e distribuição de água - Requisitos.
7676:	Anel de borracha para junta elástica e mecânica de tubos e conexões de ferro fundido - Tipos JE, JM e JE2GS - Especificação.
7677:	Junta mecânica para conexões de ferro fundido dúctil.
8682:	Revestimento de argamassa de cimento em tubos de ferro fundido dúctil.
9650:	Verificação da estanqueidade no assentamento de adutoras e redes de água.
11827:	Revestimento externo de zinco em tubos de ferro fundido dúctil.
12430:	Válvula gaveta de ferro fundido nodular.
12588:	Aplicação de proteção por envoltório de polietileno para tubulações de ferro fundido dúctil.
13747:	Junta elástica para tubos e conexões de ferro fundido dúctil Tipo JE2GS - Especificação.
14243:	Junta de ferro fundido dúctil tipo "Gibault" - Requisitos.

NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONAIS

ANSI API ASTM AWWA DIN ISO

ANSI

A 21.50:	Thickness design of ductile-iron pipe.
B 16.1:	Cast iron pipe flanges and flanged fittings.
B 16.5:	Steel pipe flanges, flanged valves and fittings.

API

594:	Check valves: wafer, wafer-lug and double flanged type.
609:	Butterfly valves: double flanged, lug and wafer-type.

ASTM

A 240:	Standard specification for heat-resisting chromium and chromium-nickel stainless steel plate, sheet and strip for pressure vessels.
A 276:	Standard specification for stainless steel bars and shapes.
A 351:	Standard specification for castings, austenitic, austenitic-ferritic (duplex), for pressure - Containing parts.
A 536:	Standard specification for ductile iron castings.
A 584:	Standard specification for aluminium-coated stell woven wire fence fabric.
B 148:	Standard specification for aluminium-bronze sand castings.
D 2000:	Standard classification system for rubber product in automotive applications.
D 2487:	Standard classification of soils for engineering purposes (unified soil classification system)

AWWA

C 150:	Thickness design of ductile-iron pipe.
C 207:	Steel pipe flanges for water works service - sizes 4 in through 144 in.
C 501:	Cast iron sluice gates.
C 504:	Rubber-seated butterfly valves for water supply service.
F 104:	Non metallic gasket materials.

DIN

2532:	Cast iron flanges; nominal pressure 10.

ISO

2531:	Ductile iron pipes, fittings and accessories and their joints for water or gas applications
4179:	Ductile iron pipes for pressure and non-pressure pipelines. Centrifugal cement mortar lining - General requirements.
4633:	Rubber seals - Joint rings for water supply, drainage and sewerage pipelines - Specification for materials.
5752:	Metal valves for use in flanged pipe systems - Face-to-face and centre-to-face dimensions.
7005-2:	Metallic Flanges - Part 2: Cast iron Flanges.
7483:	Dimensions of gaskets for use with flange T. ISO 7005.
8179-1:	Ductile iron pipes - external zinc coating - Part 1: Metallic zinc with finishing layer.

8179-2: Tubos en fundición dúctil - revestimiento exterior al zinc - Part 2: Pintura de alto contenido en zinc y capa de acabado.

8180: Ductile iron pipes - Polyethylene sleeving.

10803: Design method for ductile iron pipes.

SAINT-GOBAIN
CANALIZAÇÃO

PAM

CAPÍTULO 5 - CONVERSÃO DE UNIDADES:

CONVERSÃO DE UNIDADES

Unidades de medidas do Sistema Internacional - SI

- Unidades básicas
- Unidades suplementares
- Unidades derivadas

Unidades Básicas

Grandeza	Nome da Unidade Básica no SI	Símbolo
Comprimento	**metro**	**m**
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Corrente elétrica	ampére	A
Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Quantidade de matéria	mol	mol
Intensidade luminosa	candela	cd

Unidades Suplementares

Grandeza	Nome da Unidade Básica no SI	Símbolo
Ângulo plano	**radiano**	**rad**
Ângulo sólido	esterradiano	sr

Unidades Derivadas

Grandeza	Nome da Unidade Derivada no SI	Símbolo	Equivalências
Frequência	**hertz**	**Hz**	**1 Hz = 1 s^{-1}**
Força	newton	N	1 N = 1 $kg.m/s^2$
Pressão, tensão mecânica	pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m^2
Energia, trabalho, quantidade de calor	joule	J	1 J = 1 N.m
Potência e fluxo de energia	watt	W	1 W = 1 J/s
Carga elétrica	coulumb	C	1 C = 1 A.s
Potencial elétrico, diferença de potencial, tensão elétrica, força eletromotriz	volt	V	1 V = 1 J/C
Capacitância	farad	F	1 F = 1 C/V
Resistência elétrica	ohm	Ω	1Ω = 1 V/A
Condutância elétrica	siemens	S	1 S = Ω^{-1}
Fluxo de indução magnética, fluxo magnético	weber	Wb	1 Wb = 1 V.s
Densidade de fluxo magnético, indução magnética	tesia	T	1 T = 1 Wb/m^2
Indutância	henry	H	1 H = 1 Wb/A
Fluxo luminoso	lumen	lm	1 lm = 1cd.sr
Iluminamento	lux	lx	1 lx = 1 lm/m^2

CONVERSÃO DE UNIDADES

Unidades de medidas do Sistema Internacional - SI

- Área
- Comprimento
- Fluxo de massa

Área

Milímetro quadrado	Centímetro quadrado	Metro quadrado	Polegada quadrada	Pé quadrado	Jarda quadrada
mm^2	cm^2	m^2	in^2	ft^2	yd^2
1	0,01	10^{-6}	$1,55 \times 10^{-3}$	$1,076 \times 10^{-5}$	$1,196 \times 10^{-6}$
100	1	10^{-4}	0,155	$1,076 \times 10^{-3}$	$1,196 \times 10^{-4}$
10^6	104	1	1550	10,764	1,196
645,16	6,4516	$6,452 \times 10^{-4}$	1	$6,944 \times 10^{-3}$	$7,716 \times 10^{-4}$
92,903	929,03	0,093	144	1	0,111
836,127	8361,27	0,836	1296	9	1

Comprimento

Milímetro	Centímetro	Metro	Polegada	Pé	Jarda
mm	cm	m	in	ft	yd
1	0,1	0,001	0,0394	0,0033	0,0011
10	1	0,01	0,3937	0,0328	0,0103
1000	100	1	39,3701	3,2808	1,0936
25,4	2,540	0,0254	1	0,0833	0,0278
304,8	30,48	0,3048	12	1	0,3333
914,4	91,44	0,9144	36	3	1

Fluxo de massa

Quilograma/segundo	Libra/segundo	Quilograma/hora	Libra/hora	Ton.britânica/hora	Tonelada/hora
kg/s	lb/s	kg/h	lb/h	ton/h	t/n
1	2,205	3600	7936,64	3,5431	3,6
0,454	1	1633	3600	1,607	1,633
$2,78 \times 10^{-4}$	$6,1\ 2 \times 10^{-4}$	1	2,205	$9,84 \times 10^{-4}$	0,001
$1,26 \times 10^{-4}$	$2,78 \times 10^{-4}$	0,454	1	$4,46 \times 10^{-4}$	$4,54 \times 10^{-4}$
0,282	0,622	1016	2240	1	1,016
0,278	0,612	1000	2204,6	0,9842	1

CONVERSÃO DE UNIDADES

Unidades de medidas do Sistema Internacional - SI

- Força
- Massa
- Potência

Força

Newton	Quilonewton	Quilograma-força	libra-força
N	kN	kgf	lbf
1	0,001	0,102	0,225
1000	1	101,97	224,81
9,807	0,0098	1	2,205
4,448	0,0044	0,454	1

Massa

Quilograma	Libra	Hundred Weight	Tonelada	Tonelada britânica	Tonelada Americana
kg	lb	cwt	ton	UKton	shton
1	2,205	0,0197	0,001	$9,84 \times 10^{-4}$	0,0011
0,454	1	0,0089	$4,54 \times 10^{-4}$	$4,46 \times 10^{-4}$	5×10^{-4}
50,802	112	1	0,0508	0,05	0,056
1000	2204,6	19,684	1	0,9842	1,1023
1016	2240	20	1,0161	1	1,12
907,2	2000	17,857	0,9072	0,8929	1

Potência

Watt	Quilograma-força metro por segundo	Cavalo-vapor	Pé-libra-força por segundo	Cavalo-vapor (americano)
W	kgf m/s	cv	ft.lbf/s	hp
1	0,102	0,00136	0,738	0,0013
9,806	1	0,0133	7,233	0,0131
735,5	75	1	542,476	0,9863
1,356	0,138	$1,84 \times 10^{-3}$	1	$1,82 \times 10^{-3}$
745,70	76,04	1 ,0139	550	1

CONVERSÃO DE UNIDADES

Unidades de medidas do Sistema Internacional - SI

- Pressão
- Vazão
- Velocidade

Pressão

Newton por Metro Quadrado	Milibar	Bar	Quilograma-força por Centímetro Quadrado	Libra por Polegada Quadrada	Pé de Coluna D'água	Metro de Coluna de Água	Milímetro de Coluna de Mercúrio	Polegada de Coluna de Mercúrio
N/m^2	mbar	bar	kgf/cm^2	lbf/in^2	ftH_2O	mH_2O	mmHg	inHg
1	0,01	10^{-5}	$1,02\times10^{-5}$	$1,45\times10^{-4}$	$3,3\times10^{-4}$	$1,02\times10^{4}$	0,0075	$2,95\times10^{-4}$
100	1	0,001	$1,02\times10^{-3}$	0,0145	0,033	0,0102	0,75	0,029
105	1000	1	1,02	14,5	33,455	10,2	750,1	29,53
98067	980,7	0,981	1	14,22	32,808	10	735,6	28,96
6895	68,95	0,069	0,0703	1	2,307	0,703	51,71	2,036
2989	29,89	0,03	0,0305	0,433	1	0,305	22,49	0,883
9807	98,07	0,098	0,1	1,42	3,28	1	73,55	2,896
133,3	1,333	0,0013	0,0014	O,019	0,045	0,014	1	0,039
3386	33,86	0,0338	0,0345	0,491	1,133	0,345	25,4	1

A Unidade Pascal representa a pressão exercida por uma força de 1 Newton por metro quadrado de área (1 Pa N/m^2)

1 atmosfera (1 atm) = 101325 pascals ou 1,01325 bar

Vazão

Litro por Segundo	Litro por Minuto	Metro Cúbico por Hora	Pé Cúbico por Hora	Pé Cúbico por Minuto	Galão Britânico por Minuto	Galão Americano por Minuto
l/s	l/min	m^3/h	ft^3/h	ft^3/min	Ukgal/min	USgal/min
1	60	3,6	127,133	2,1189	13,2	15,85
0,017	1	0,06	2,1189	0,0353	0,22	0,264
0,278	16,667	1	35,3147	0,5886	3,666	4,403
0,008	0,472	0,0283	1	0,0167	0,104	0,125
0,472	28,317	1,6990	60	1	6,229	7,480
0,076	4,546	0,2728	9,6326	1605	1	1,201
0,063	3,785	0,2271	8,0209	0,1337	0,833	1

Velocidade

Metro por Segundo	Pé por Segundo	Metro por Minuto	Pé por Minuto	Quilômetro por Hora	Milha por Hora
m/s	ft/s	m/min	ft/min	km/h	mile/h
1	3,281	60	196,85	3,6	2,2369
0,305	1	18,288	60	1,0973	0,6818
0,017	0,055	1	3,281	0,06	0,0373
0,005	0,017	0,305	1	0,0183	0,01136
0,278	0,911	16,667	54,68	1	0,6214
0,447	1,467	26,822	88	1,6093	1

CONVERSÃO DE UNIDADES

Unidades de medidas do Sistema Internacional - SI

- Volume
- Volume de líquidos
- Trabalho, energia, quantidade de calor

Volume

Milímetro Cúbico	Centímetro Cúbico	Metro Cúbico	Polegada Cúbica	Pé Cúbico	Jarda Cúbica
mm^3	cm^3	m^3	in^3	ft^3	yd^3
1	0,001	10^{-9}	$6,1 \times 10^{-5}$	$3,531 \times 10^{-8}$	$1,308 \times 10^{-9}$
1000	1	10^{-6}	0,061	$3,531 \times 10^{-5}$	$1,308 \times 10^{-6}$
10^{-9}	10	1	61024	35,31	1,308
16387	16,39	$1,639 \times 10^{-3}$	1	$5,787 \times 10^{-4}$	$2,143 \times 10^{-5}$
$2,832 \times 10^{7}$	$2,832 \times 10^{4}$	0,0283	1728	1	0,0370
$7,646 \times 10^{8}$	$7,646 \times 10^{5}$	0,7646	46656	27	1

Volume de Líquidos

Metro Cúbico	Litro	Mililitro	Galão Inglês	Galão Americano	Pé Cúbico
m^3	l	ml	UKgal	USgal	ft^3
1	1000	10^{-6}	220	264,2	35,3147
0,01	1	1000	0,22	0,2642	0,0353
10^{-6}	0,001	1	$2,2 \times 10^{-4}$	$2,642 \times 10^{-4}$	$3,53 \times 10^{-5}$
0,00455	4,546	4546	1	1,201	0,1605
0,00378	3,785	3785	0,8327	1	0,1337
0,0283	28,317	28317	6,2288	7,4805	1

1 barril americano = 42 galões americanos (medida para petróleo)
1 litro = 10^6 mm^3 = 10 cm^3 = 1 dm^3

Trabalho, Energia, Quantidade de Calor

Joule	Quilojoule	Megajoule	Libra-força pé	Unidade de Calor Britânica	Quilowatt-hora
J	kJ	MJ	ft lbf	B.t.u	kWh
1	0,001	10^{-6}	0,737	$9,48 \times 10^{-4}$	$2,78 \times 10^{-7}$
1000	1	0,001	737,56	0,9478	$2,78 \times 10^{-4}$
10^6	1000	1	737562	947,82	0,2778
1,356	$1,36 \times 10^{-3}$	$1,36 \times 10^{-6}$	1	$1,28 \times 10^{-3}$	$3,77 \times 10^{-7}$
1055,1	1,0551	$1,05 \times 10^{-3}$	778,17	1	$2,931 \times 10^{-4}$
$3,6 \times 10^6$	3600	3,6	$2,65 \times 10^6$	3412,1	1

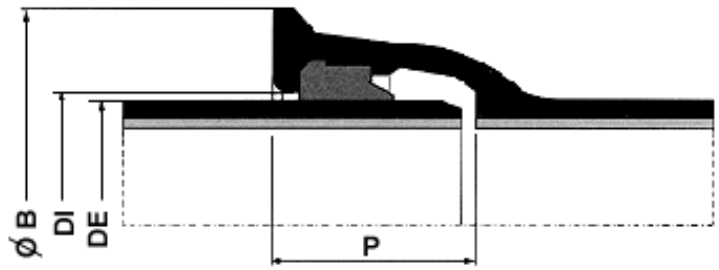
1 Joule = 1 Newton . metro

SAINT-GOBAIN
CANALIZAÇÃO

PAM

CAPÍTULO 6 - DIMENSÕES DAS JUNTAS:

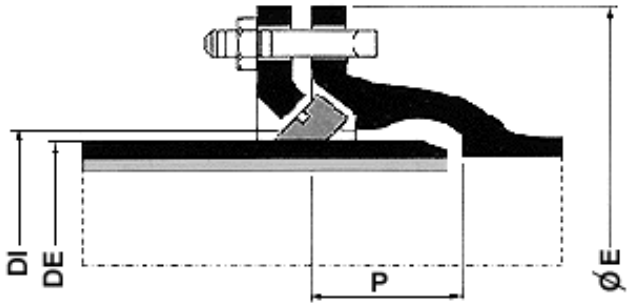
DIMENSÕES Junta Elástica - JGS



DN	Dimensões e Massas				
	DE	DI	P	B	Massas do Anel de Borracha
	mm	mm	mm	mm	kg
80	98	101	92,5	168	0,14
100	118	121	94,5	189	0,20
150	170	173	100,5	243	0,29
200	222	225	106,5	296	0,38
250	274	277	105,5	353	0,50
300	326	329	107,5	410	0,71
350	378	381	110,5	465	0,90
400	429	432	112,5	517	1,10
450	480	483	115,5	575	1,32
500	532	535	117,5	630	1,54
600	635	638	122,5	739	2,16
700	738	741	147,5	863	2,87
800	842	845	147,5	974	3,67
900	945	948	147,5	1082	4,61
1000	1048	1051	157,5	1191	5,59
1200	1255	1258	167,5	1412	9,23
1400	1462	1465	245,0	1592	15,50
1500	1565	1568	265,0	1710	19,80
1600	1668	1671	265,0	1816	21,00
1800	1875	1878	275,0	2032	27,70
2000	2082	2085	290,0	2253	34,70

Utilização: tubos classes K7 e K9 e conexões.

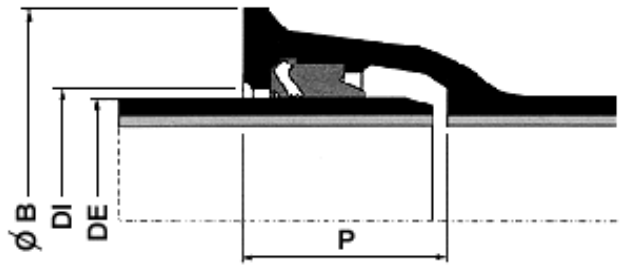
DIMENSÕES JUNTA MECÂNICA - JM



DN	Dimensões e Massas							
	DE	DI	P	E	Parafusos		Massas	
					Quantidade	Diâmetro X Comprimento	Contra-Flange	Anel de Borracha
	mm	mm	mm	mm		mm	kg	kg
80	98	101	73,0	212	4	18 x 90	2,1	0,17
100	118	121	74,0	241	4	18 x 90	2,5	0,19
150	170	173	85,0	290	6	18 x 90	6,0	0,41
200	222	225	87,0	366	6	18 x 90	9,0	0,56
250	274	277	88,0	421	8	18 x 110	11,0	0,74
300	326	329	101,0	476	8	18 x 110	14,0	0,92
350	378	381	107,0	536	10	18 x 110	18,0	1,12
400	429	432	124,0	586	12	18 x 110	21,0	1,32
450	480	483	135,0	636	14	18 x 120	26,0	1,60
500	532	535	135,0	697	14	18 x 120	31,0	1,76
600	635	638	137,5	805	16	18 x 120	40,0	2,35
700	738	741	139,5	910	18	20 x 120	50,0	4,20
800	842	845	150,5	1027	18	20 x 130	72,0	4,80
900	945	948	160,0	1142	20	20 x 130	92,0	5,70
1000	1048	1051	170,0	1267	20	24 x 160	122,0	6,60
1200	1255	1258	190,0	1485	20	24 x 160	160,0	11,00

Utilização: luvas de correr.

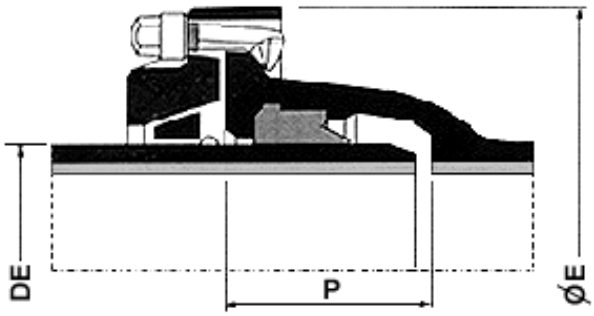
DIMENSÕES Junta Travada Interna - JTI



DN	Dimensões e Massas				
	DE	DI	P	B	Massas do Anel de Borracha
	mm	mm	mm	mm	kg
80	98	101	92,5	168	0,20
100	118	121	94,5	189	0,26
150	170	173	100,5	243	0,43
200	222	225	106,5	296	0,60
250	274	277	105,5	353	0,86
300	326	329	107,5	410	1,31

Utilização: tubos classes K7 (DN 150 a 300) e K9 (DN 80 a 300) e conexões.

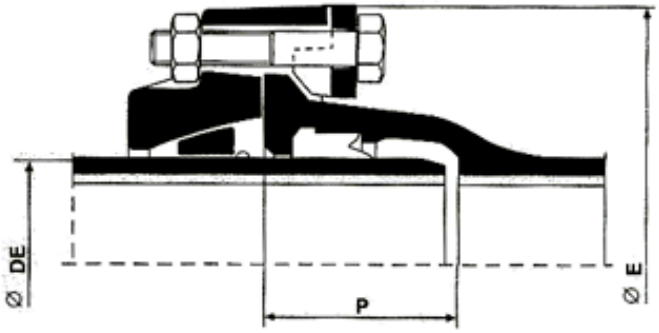
DIMENSÕES Junta Travada Externa - JTE



DN	Dimensões e Massas						
	DE	P	E	Parafusos		Massas	
				Quantidade	Dimensões	Anel de Borracha	Conjunto de Travamento
	mm	mm	mm		mm	kg	kg
300	326	107,5	516	8	27 x 102	0,71	37,7
350	378	110,5	570	8	27 x 102	0,90	39,0
400	429	112,5	618	10	27 x 102	1,10	48,0
450	480	115,5	671	14	27 x 102	1,32	57,0
500	532	117,5	734	16	27 x 102	1,54	76,7
600	635	122,5	840	20	27 x 102	2,16	88,1
700	738	147,5	958	24	27 x 123	2,87	145,7
800	842	147,5	1069	30	27 x 123	3,67	173,8
900	945	147,5	1178	30	27 x 123	4,61	196,2
1000	1048	157,5	1286	30	27 x 123	5,59	223,9
1200	1255	167,5	1526	40	27 x 123	9,23	247,8

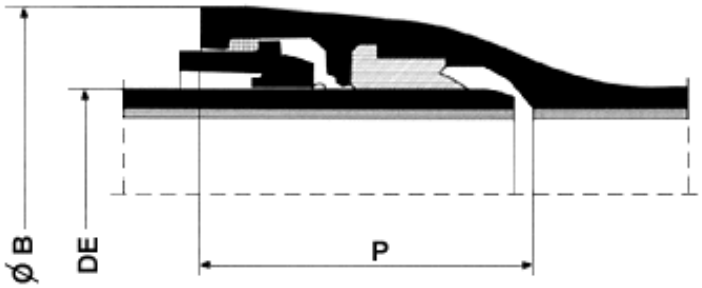
Utilização: tubos classe K9 e conexões.

Nota: Os tubos com junta travada externa, nos DN 800 a 1200, podem ser utilizados em pressões superiores de até 2,5 Mpa, usando-se a montagem especial logo abaixo. Consultar a **Saint-Gobain Canalização**.



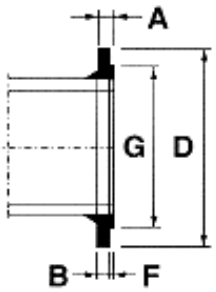
Montagem da junta com parafusos de aço especial e calço de apoio de ferro fundido.

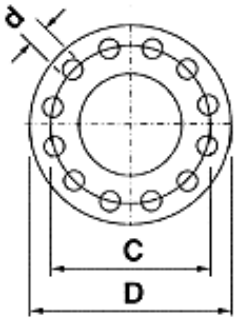
DIMENSÕES Junta Pamlock - JPK



DN	Dimensões e Massas						
	DE	P	B	Massas			
				Conformador	Granalha	Anel de trava	Anel em elastômero
	mm	mm	mm	kg	kg	kg	kg
1400	1462	300	1620	71,0	15,0	46,0	15,5
1500	1565	315	1758	76,0	15,0	41,0	19,8
1600	1668	325	1868	81,0	15,0	45,0	21,0
1800	1875	350	1950	92,1	15,0	54,0	27,7
2000	Consultar						

DIMENSÕES JUNTA COM FLANGE PN 10



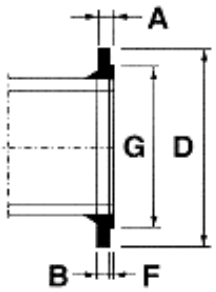


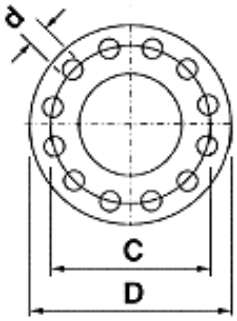
DN	Dimensões				
	F	D	G	A	B
	mm	mm	mm	mm	mm
50	3	165	98	19,0	16,0
80	3	200	132	19,0	16,0
100	3	220	153	19,0	16,0
150	3	285	209	19,0	16,0
200	3	340	264	20,0	17,0
250	3	400	319	22,0	19,0
300	4	455	367	24,5	20,5
350	4	505	427	24,5	20,5
400	4	565	477	24,5	20,5
450	4	615	527	25,5	21,5
500	4	670	582	26,5	22,5
600	5	780	682	30,0	25,0
700	5	895	797	32,5	27,5
800	5	1015	904	35,0	30,0
900	5	1115	1004	37,5	32,5
1000	5	1230	1111	40,0	35,0
1200	5	1455	1330	45,0	40,0
1400	5	1675	1530	46,0	41,0
1500	5	1785	1640	47,5	42,5
1600	5	1915	1750	49,0	44,0
1800	5	2115	1950	52,0	47,0
2000	5	2325	2150	55,0	50,0

DN	Dimensões			
	D	C	Furos	
			Quantidade	d
	mm	mm		mm
50	165	125	4	19
80	200	160	8	19
100	220	180	8	19
150	285	240	8	23
200	340	295	8	23
250	400	350	12	23
300	455	400	12	23
350	505	460	16	23
400	565	515	16	28
450	615	565	20	28
500	670	620	20	28
600	780	725	20	31
700	895	840	24	31
800	1015	950	24	34
900	1115	1050	28	34
1000	1230	1160	28	37
1200	1455	1380	32	40
1400	1675	1590	36	43
1500	1785	1700	36	43
1600	1915	1820	40	49
1800	2115	2020	44	49
2000	2325	2230	48	49

Flange: normas NBR 7675 e ISO 2531.

DIMENSÕES JUNTA COM FLANGE PN 16



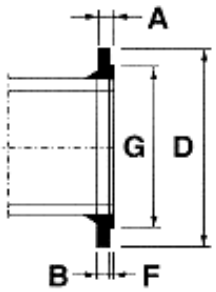


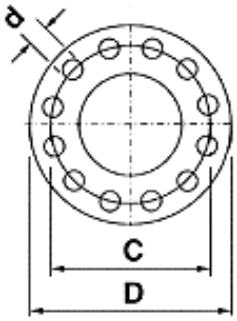
DN	Dimensões				
	F	D	G	A	B
	mm	mm	mm	mm	mm
50	3	165	98	19,0	16,0
80	3	200	132	19,0	16,0
100	3	220	153	19,0	16,0
150	3	285	209	19,0	16,0
200	3	340	264	20,0	17,0
250	3	400	319	22,0	19,0
300	4	455	367	24,5	20,5
350	4	520	432	26,5	22,5
400	4	580	484	28,0	24,0
450	4	640	544	30,0	26,0
500	4	715	606	31,5	27,5
600	5	840	721	36,0	31,0
700	5	910	791	39,5	34,5
800	5	1025	898	43,0	38,0
900	5	1125	998	46,5	41,5
1000	5	1255	1115	50,0	45,0
1200	5	1485	1330	57,0	52,0
1400	5	1685	1530	60,0	55,0
1500	5	1820	1640	62,5	57,5
1600	5	1930	1750	65,0	60,0
1800	5	2130	1950	70,0	65,0
2000	5	2345	2150	75,0	70,0

DN	Dimensões			
	D	C	Furos	
			Quantidade	d
	mm	mm		mm
50	165	125	4	19
80	200	160	8	19
100	220	180	8	19
150	285	240	8	23
200	340	295	12	23
250	400	355	12	28
300	455	410	12	28
350	520	470	16	28
400	580	525	16	31
450	640	585	20	31
500	715	650	20	34
600	840	770	20	37
700	910	840	24	37
800	1025	950	24	40
900	1125	1050	28	40
1000	1255	1170	28	43
1200	1485	1390	32	49
1400	1685	1590	36	49
1500	1820	1710	36	56
1600	1930	1820	40	56
1800	2130	2020	44	56
2000	2345	2230	48	62

Flange: normas NBR 7675 e ISO 2531.

DIMENSÕES JUNTA COM FLANGE PN 25





DN	Dimensões				
	F	D	G	A	B
	mm	mm	mm	mm	mm
50	3	165	98	19,0	16,0
80	3	200	132	19,0	16,0
100	3	235	159	19,0	16,0
150	3	300	214	20,0	17,0
200	3	360	274	22,0	19,0
250	3	425	331	24,5	21,5
300	4	485	389	27,5	23,5
350	4	555	446	30,0	26,0
400	4	620	503	32,0	28,0
450	4	670	533	34,5	30,5
500	4	730	613	36,5	32,5
600	5	845	718	42,0	37,0
700	5	960	820	46,5	41,5
800	5	1085	929	51,0	46,0
900	5	1185	1029	55,5	50,5
1000	5	1320	1142	60,0	55,0
1200	5	1530	1350	69,0	64,0
1400	5	1755	1560	74,0	69,0
1500	5	1855	1678	78,0	73,0
1600	5	1955	1780	81,0	76,0
1800	5	2195	1985	88,0	83,0
2000	5	2425	2210	95,0	90,0

Flange: normas NBR 7675 e ISO 2531.

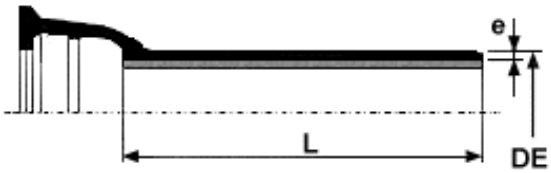
DN	Dimensões			
	D	C	Furos	
			Quantidade	d
	mm	mm		mm
50	165	125	4	19
80	200	160	8	19
100	235	190	8	23
150	300	250	8	28
200	360	310	12	28
250	425	370	12	31
300	485	430	16	31
350	555	490	16	34
400	620	550	16	37
450	670	600	20	37
500	730	660	20	37
600	845	770	20	40
700	960	875	24	43
800	1085	990	24	49
900	1185	1090	28	49
1000	1320	1210	28	56
1200	1530	1420	32	56
1400	1755	1640	36	62
1500	1855	1750	36	62
1600	1955	1860	40	62
1800	2195	2070	44	70
2000	2425	2300	48	70

SAINT-GOBAIN
CANALIZAÇÃO

PAM

CAPÍTULO 7 - TUBOS PONTA E BOLSA:

TUBO CLASSE K7 - JGS



TK7JGS

DN	Dimensões e Massas				
	Comprimento Util (L)	DE	e (ferro)	Massas	
				Por metro	Total
	m	mm	mm	kg	kg
150	6	170	5,2	23,3	139,58
200	6	222	5,4	31,9	191,26
250	6	274	5,5	40,3	241,84
300	6	326	5,7	49,8	298,92
350	6	378	5,9	64,9	389,64
400	6	429	6,3	77,9	467,60
450	6	480	6,7	91,8	550,52
500	6	532	7,0	106,1	636,6
600	6	635	7,7	137,9	827,48
700	7	738	8,4	176,5	1235,71
800	7	842	9,1	216,3	1513,94
900	7	945	9,8	259,4	1815,99
1000	7	1048	10,5	306,2	2143,14
1200	7	1255	11,9	411,9	2883,49
1400	8,17	1462	13,3	558,0	4558,96
1500	8,16	1565	14,0	628,4	5127,74
1600	8,16	1658	14,7	698,7	5701,39
1800	8,14	1875	16,1	848,4	6905,97

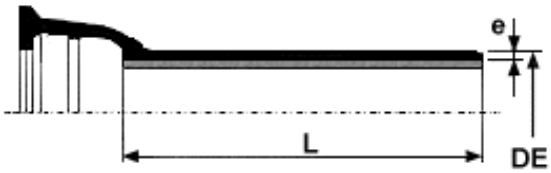
Revestimento:

- internamente, argamassa de cimento,
- externamente, zinco e pintura betuminosa.

Veja também:

- Dimensões junta elástica - JGS
- Pressões de serviço admissíveis - Tubo classe K7

TUBO CLASSE K7 - JTI



TK7JGSTI

DN	Dimensões e Massas				
	Comprimento Util (L)	DE	e (ferro)	Massas	
				Por metro	Total
	m	mm	mm	kg	kg
150	6	170	5,2	23,3	139,58
200	6	222	5,4	31,9	191,26
250	6	274	5,5	40,3	241,84
300	6	326	5,7	49,8	298,92

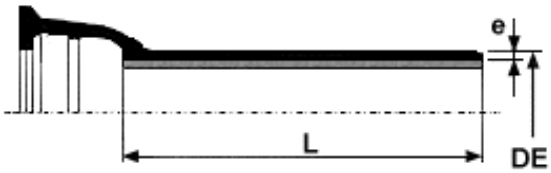
Revestimento:

- internamente, argamassa de cimento,
- externamente, zinco e pintura betuminosa.

Veja também:

- Dimensões Junta Travada Interna - JTI
- Pressões de serviço admissíveis - Tubo classe K7

TUBO CLASSE K9 - JGS



TK9JGS

DN	Dimensões e Massas				
	Comprimento Util (L)	DE	e (ferro)	Massas	
				Por metro	Total
	m	mm	mm	kg	kg
80	6	98	6,0	14,55	87,28
100	6	118	6,1	18,00	108,04
150	6	170	6,3	27,26	163,58
200	6	222	6,4	36,70	220,06
250	6	274	6,8	48,00	288,04
300	6	326	7,2	60,42	362,52
350	6	378	7,7	79,74	478,44
400	6	429	8,1	94,73	568,40
450	6	480	8,6	111,83	671,00
500	6	532	9,0	129,32	775,94
600	6	635	9,9	168,41	1010,48
700	7	738	10,8	215,13	1505,91
800	7	842	11,7	264,07	1848,54
900	7	945	12,6	317,22	2220,59
1000	7	1048	13,5	375,06	2625,44
1200	7	1255	15,3	505,32	3537,29
1400	8,17	1462	17,1	678,50	5543,34
1500	8,16	1565	18,0	764,20	6235,88
1600	8,16	1668	18,9	850,70	6941,71
1800	8,14	1875	20,7	1035,60	8429,78
2000	8,13	2082	22,5	1241,50	10093,39

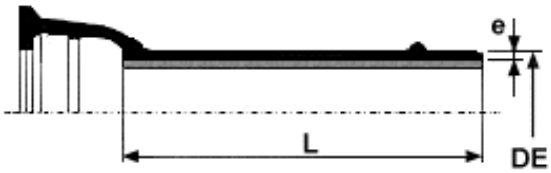
Revestimento:

- internamente, argamassa de cimento;
- externamente, zinco e pintura betuminosa.

Veja também:

- Dimensões junta elástica - JGS
- Pressões de serviço admissíveis - Tubo classe K9

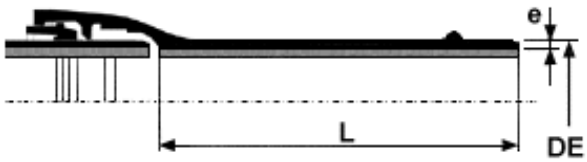
TUBO CLASSE K9 - JTI JTE JPK



Abrev.:

- Com junta JTI:
  DN 80 a 300 **TK9JGSTI**

- Com junta JTE:
  DN 300 a 1200 **TK9JGSTE**



Abrev.:

- Com junta JPK:
  DN 1400 a 2000 **TK9JPK**

DN	Dimensões e Massas									
	Comprimento Útil (L)	DE	e (ferro)	Massas sem travamento		Massas				
				Por metro	Total	JTI	JTE		JPK	
						Total	Conjunto de Travamento	Total	Conjunto de Travamento	Total
	m	mm	mm	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
80	6	98	6,0	14,55	87,28	-	-	-	-	-
100	6	118	6,1	18,0	108,04	-	-	-	-	-
150	6	170	6,3	27,26	163,58	-	-	-	-	-
200	6	222	6,4	36,7	220,06	-	-	-	-	-
250	6	274	6,8	48,0	288,04	-	-	-	-	-
300	6	326	7,2	60,42	362,52	-	37,7	400,22	-	-
350	6	378	7,7	79,74	478,44	-	39,0	517,44	-	-
400	6	429	8,1	94,73	568,40	-	48,0	616,40	-	-
450	6	480	8,6	111,83	671,0	-	Consultar		-	-
500	6	532	9,0	129,32	775,94	-	73,60	849,54	-	-
600	6	635	9,9	168,41	1010,48	-	85,50	1095,98	-	-
700	7	738	10,8	215,13	1505,91	-	144,70	1650,61	-	-
800	7	842	11,7	264,07	1848,54	-	184,70	2033,24	-	-
900	7	945	12,6	317,22	2220,59	-	205,05	2425,64	-	-
1000	7	1048	13,5	375,06	2625,44	-	256,5	2881,94	-	-
1200	7	1255	15,3	505,32	3537,29	-	247,8	3785,09	-	-
1400	8,17	1462	17,1	678,50	5543,34	-	-	-	144,0	5769,0
1500	8,16	1565	18,0	764,20	6235,87	-	-	-	144,4	6503,4
1600	8,16	1668	18,9	850,70	6941,71	-	-	-	153,0	7259,0
1800	8,14	1875	20,7	1035,60	8429,78	-	-	-	167,7	8793,2
2000	Consultar									

Revestimento:

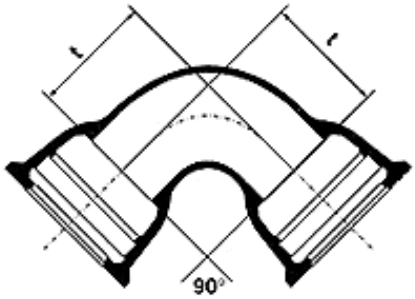
- internamente, argamassa de cimento;
- externamente, zinco e pintura betuminosa.

SAINT-GOBAIN
CANALIZAÇÃO

PAM

CAPÍTULO 8 - CONEXÕES COM BOLSAS - JGS:

CURVA 90° COM BOLSAS - JGS

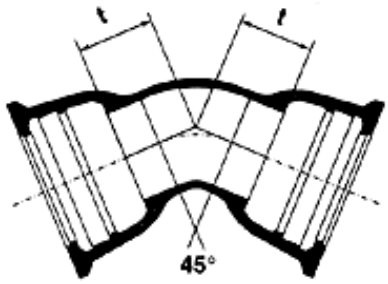


Abrev: **C90JGS**

DN	Dimensões e Massas	
	t	Massas
	mm	kg
80	100	10,0
100	120	13,15
150	170	21,6
200	220	33,9
250	270	47,9
300	320	70,36
350	370	96,0
400	420	105,0
450	470	163,0
500	520	178,0
600	620	274,0

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

CURVA 45° COM BOLSAS - JGS

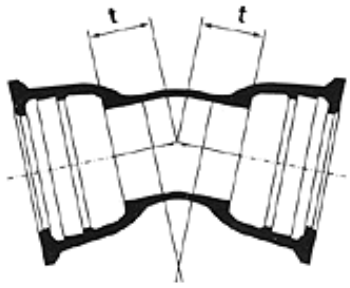


Abrev: **C45JGS**

DN	Dimensões e Massas	
	t	Massas
	mm	kg
80	55	9,1
100	65	12,9
150	85	18,7
200	110	29,0
250	130	39,2
300	150	53,4
350	175	61,25
400	195	83,0
450	220	105,5
500	240	128,0
600	285	175,0
700	330	322,0
800	370	416,0
900	415	500,0
1000	460	710,0
1200	550	1050,0
1400	522	1555,0
1500	572	1815,0
1600	563	2089,0
1800	642	3126,0
2000	Consultar	

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

CURVA 22° 30' COM BOLSAS - JGS

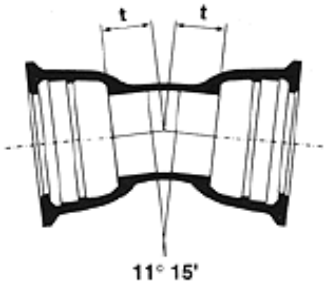


Abrev: **C22JGS**

DN	Dimensões e Massas	
	t	Massas
	mm	kg
80	40	8,5
100	40	11,35
150	55	17,6
200	65	26,2
250	75	33,8
300	85	45,2
350	95	50,1
400	110	63,1
450	120	81,0
500	130	97,4
600	150	157,00
700	175	222,00
800	195	324,00
900	220	372,0
1000	240	520,00
1200	285	654,00
1400	264	1107,0
1500	314	1367,0
1600	284	1479,0
1800	340	2070,0
2000	355	2668,0

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

CURVA 11° 15' COM BOLSAS - JGS

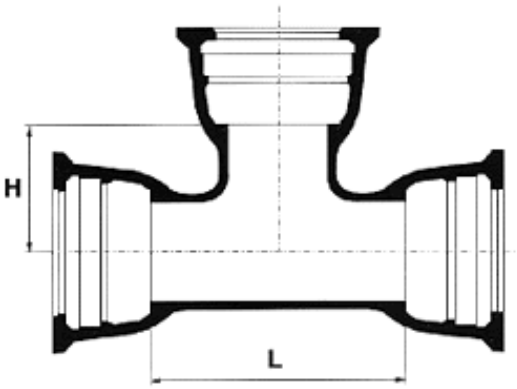


Abrev: **C11JGS**

DN	Dimensões e Massas	
	t	Massas
	mm	kg
80	30	8,8
100	30	10,8
150	35	16,8
200	40	27,6
250	50	34,2
300	55	44,55
350	60	48,0
400	65	56,1
450	70	71,00
500	75	81,6
600	85	106,00
700	95	190,00
800	110	272,00
900	120	310,00
1000	130	392,0
1200	150	582,0
1400	143	884,0
1500	193	1143,0
1600	153	1173,0
1800	200	1542,0
2000	201	2151,0

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

TÊ COM BOLSAS - JGS

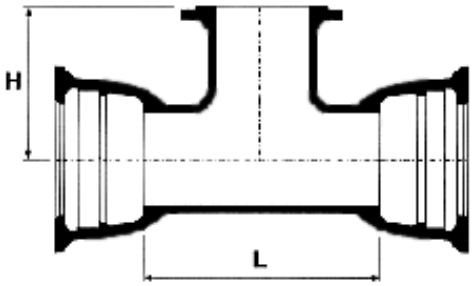


Abrev: **TJGS**

DN	dn	Dimensões e Massas		
		L	H	Massas
		mm	mm	kg
80	80	170	85	14,00
100	80	170	95	17,1
	100	190	95	18,40
150	80	170	120	22,9
	100	195	120	25,00
	150	255	125	29,7
200	80	175	145	32,3
	100	200	145	32,8
	150	255	150	38,9
	200	315	155	45,5
250	80	180	170	39,00
	100	200	170	39,5
	250	375	190	58,9
300	80	180	195	50,00
	100	205	195	54,7
	150	235	175	57,5
	200	320	205	67,6
	250	375	210	77,6
	300	435	220	83,0
350	100	205	220	65,0
	200	360	235	76,2
	250	360	250	77,0
	350	495	250	105,0
400	80	210	245	74,5
	100	210	245	73,9
	200	325	260	92,2
	300	440	270	114,6
	400	560	280	132,9
500	80	215	325	103
	100	215	325	103
	200	330	310	118,1
	300	450	320	157,40
	500	680	340	198
600	100	220	345	140
	200	340	360	168
	300	455	370	197
	400	570	380	225
	600	800	400	287

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

TÊ COM BOLSAS JGS E FLANGE



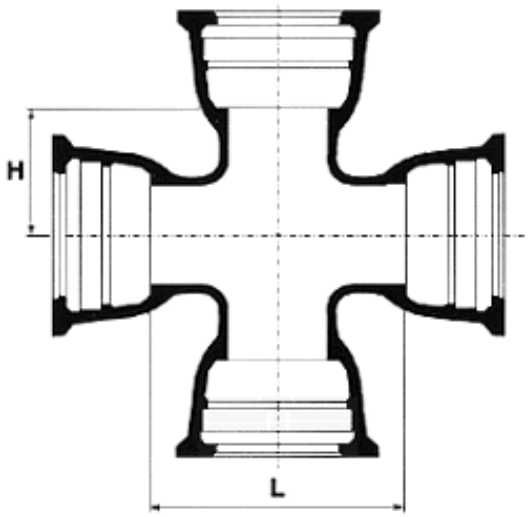
Abrev:
PN10: **TJGSF10**
PN16: **TJGSF16**
PN25: **TJGSF25**

DN	dn	Dimensões e Massas				
		L	H	Massas		
				PN10	PN16	PN25
		mm	mm	kg	kg	kg
80	50	170	155	11,00		
	80	170	165	14,7		
100	50	170	175	13		
	80	170	175	17,7		
	100	190	180	18,8		20
150	50	170	210	19,2		
	80	170	205	23,3		
	100	195	210	25,2		27,8
	150	255	220	31,0		32,0
200	50	175	230	25,6		
	80	175	235	33,6		
	100	190	250	34,5		39
	150	255	250	39,8		45
	200	300	250	41,5	41,5	53
250	50	180	260	35,5		
	80	180	265	39,7		
	100	190	260	41,0		41,3
	250	365	290	62,8	62,8	64,9
300	100	190	290	59		60
	200	320	320	70,0	70,0	78
	250	360	330	82,3	83,2	85,3
	300	435	340	87,3	87,3	94,0
350	100	205	330	53,8		65
	200	360	350	82	82	84
	250	370	355	85,1	86,1	88,1
	350	495	380	112	115	123
400	100	210	360	75,2		76,5
	200	360	380	93,8	93,8	96,1
	300	440	400	115,7	115,7	120,9
	400	560	420	139,0	151	162
450	450	620	460	179,5	194,5	206,0
500	100	215	420	106,8		105,7
	200	330	440	126,0	126,2	126,8
	300	445	460	163,0	163,0	166,0
	400	565	480	192	198	209
	500	680	500	223	238	250
600	100	220	480	140		140
	200	340	500	165,0	175	177
	300	455	520	205	205	210
	400	570	540	244,0	251,0	266,0
	600	800	580	334,1	352	367
	200	345	525	255,0	272,0	277,0

700	600	925	585	436,8	462,8	476,8
	700	925	600	536,0	475,8	510,8
800	200	350	585	332,0	315,2	317,2
	400	580	615	464,0	412,0	423,0
	600	1045	645	596,0	623,0	637,6
	800	1045	675	596,4	672,0	708,3
900	200	355	645	323,9	396,0	325,9
	400	590	675	502,2	508,4	519,7
1000	200	360	705	456,0	500,0	470,9
	400	595	735	596,0	637,4	648,6
	600	1290	765	938,0	956,8	971,0
	800	1290	800	1004,0	1082,0	1133,0
	1000	1290	825	1124,0	1070,0	1299,0
1200	200	370	825	756,0	650,0	928,0
	400	605	855	973,7	980,0	991,0
	600	840	885	1326,0	1100,0	1367,0
	800	1070	915	1569,0	1588,0	1637,0
1400	400*	1010	960	1519,0	Consultar	
	600*	1030	980	1543,0		
	1400	1950	1100	2564,0		
1500	400*	1110	960	1766,0		
	600*	1035	1035	1790,0		
	1500	2050	1100	3111,0		
1600	300*	1050	1050	1972,0		
	400*	1050	1100	1990,0		
	600*	1040	1090	2009,0		
	1000	1505	1150	2563,0		
	1600	2170	1240	3769,0		
1800	400*	1300	1300	2340,0		
	600*	1055	1200	2360,0		
	800	1285	1230	2704,0		
	900	1535	1245	2724,0		
	1800	2660	1380	4893,0		
2000	600*	1065	1310	3236,0		
	1000	1530	1370	4064,0		
	1400	1995	1430	4931,0		

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.
* Flanges orientáveis

CRUZETA COM BOLSAS - JGS

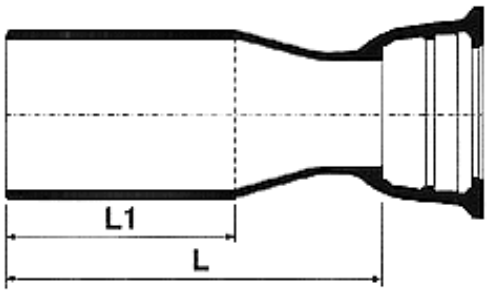


Abrev: **XJGS**

DN	dn	Dimensões e Massas		
		L	H	Massas
		mm	mm	kg
80	80	160	80	16,0
100	80	165	95	23,1
	100	190	95	25,1
150	80	165	120	27,9
	100	195	120	29,7
	150	255	125	37,95
200	80	170	145	33,6
	100	200	145	38,2
	150	255	150	46,3
	200	315	155	55,65
250	80	170	170	42,70
	100	200	170	44,00
	250	375	190	77,40
300	80	175	195	50,10
	100	205	195	56,6
	200	320	205	75,20
	300	435	220	104,0
350	100	224	238	64,5
	200	360	244	82,7
	250	360	247,0	92,2
400	80	180	245	79,80
	100	210	245	82,20
	200	325	260	104,00
	400	560	280	158,8
500	80	185	295	108,0
	100	215	295	107,0
	200	330	305	132,0
	300	450	320	160,0
	500	680	340	223,0
600	100	220	345	143,0
	200	340	355	175,0
	300	455	370	207,0
	400	570	380	240,0
	600	800	400	330,0

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

REDUÇÃO PONTA E BOLSA - JGS

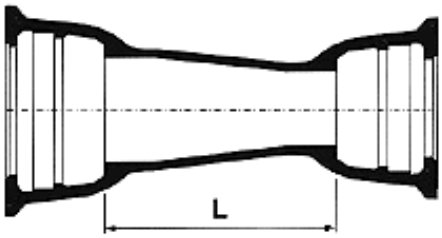


Abrev: **RPBJGS**

DN	dn	Dimensões e Massas		
		L	L1	Massas
		mm	mm	kg
80	50	Consultar		
	75	180	82	5,2
100	80	200	92	7,8
150	80	300	98	11,5
	100	300	98	12,5
200	80	300	104	12,3
	100	300	104	14,6
	150	300	104	17,0
250	150	350	104	22,1
	200	250	104	22,3
300	150	450	105	28,8
	200	350	105	28,85
	250	250	105	30,5
350	200	460	108	38,0
	250	360	108	36,5
	300	260	108	39,6
400	250	470	110	48,2
	300	370	110	44,8
	350	270	110	42,4
500	350	480	115	78,7
	400	380	115	62,4
600	400	580	120	105,0
	500	380	120	90,0

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

REDUÇÃO COM BOLSAS - JGS

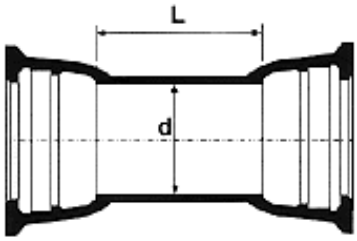


Abrev: **RJGS**

DN	dn	Dimensões e Massas	
		L	JGS
		mm	kg
350	200	360	47,38
	250	260	46,4
	300	160	45,61
400	250	360	59,2
	300	260	56,21
	350	160	51,9
500	350	360	100,98
	400	260	112,00
600	400	460	139,50
	500	260	148,50
700	500	480	222,90
	600	280	193,52
800	600	480	299,60
	700	280	253,92
900	700	480	391,96
	800	280	328,04
1000	800	480	468,00
1200	1000	480	700,00
1400	1200	360	-
1500	1200	478	-
	1400	260	-
1600	1200	645	-
	1400	360	-
	1500	483	-
1800	1600	360	-
2000	1800	360	-

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

LUVA COM BOLSAS - JGS



Abrev: **LJGS**

DN	Dimensões e Massas		
	d	L	Massas
	mm	mm	kg
50	78	155	3,7
75	104	160	5,44
80	109	160	9,7
100	130	160	11,7
150	183	165	16,7
200	235	170	24,2
250	288	175	30,2
300	340	180	38,9
350	393	185	51,8
400	445	190	52,2
450	494	195	76,0
500	550	200	81,0
600	655	210	125,0
700	760	220	181,0
800	865	230	324,0
900	970	240	368,0
1000	1075	250	350
1200	1285	270	436,0

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

CAP - JGS

DN 80 a 250

DN 300 a 600

Abrev.: **KJGS**

DN	Dimensões e Massas	
	P	Massas
	mm	kg
80	82	4,15
100	88	5,0
150	94	9,2
200	100	15,0
250	103	19,0
300	105	32,1
350	107	39,0
400	110	47,5
450	113	50,0
500	115	76,6
600	120	112,0

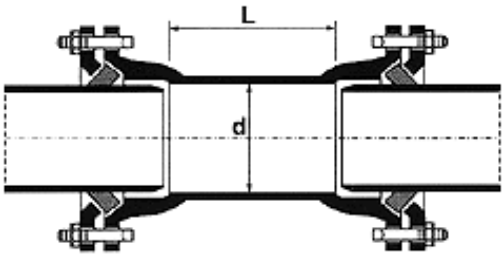
Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

SAINT-GOBAIN
CANALIZAÇÃO

PAM

CAPÍTULO 9 - CONEXÕES COM BOLSAS - JM:

LUVA DE CORRER - JM



Abrev: **LCRJM**

DN	Dimensões e Massas		
	d	L	Massas
	mm	mm	kg
50	78	155	14,64
75	104	160	12,94
80	109	160	14,34
100	130	160	19,14
150	183	165	27,56
200	235	170	41,36
250	288	175	64,48
300	340	180	76,68
350	393	185	111,43
400	445	190	133,50
450	494	195	159,30
500	550	200	194,00
600	655	210	242,40
700	760	220	324,12
800	865	230	419,84
900	970	240	539,60
1000	1075	250	700,00
1200	1285	270	922,00

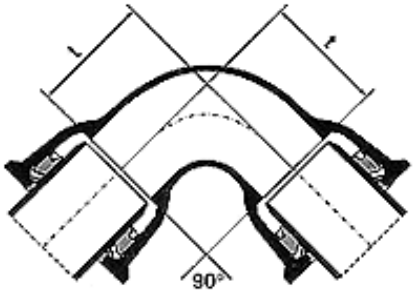
Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

SAINT-GOBAIN
CANALIZAÇÃO

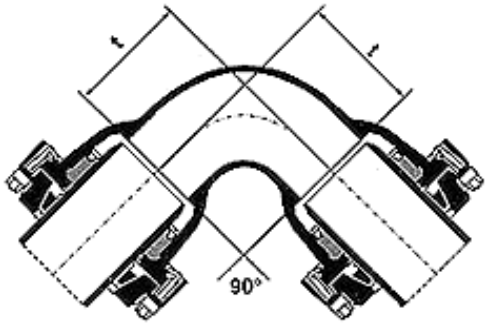
PAM

CAPÍTULO 10 - CONEXÕES COM BOLSAS - JTI, JTE E JPK:

CURVA 90° COM BOLSAS - JTI JTE



Abrev: **C90JTI**

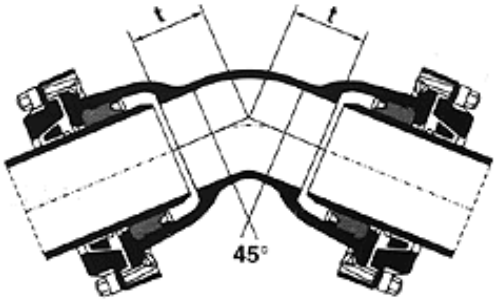


Abrev: **C90JTE**

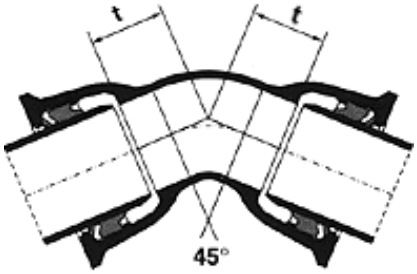
DN	Dimensões e Massas		
	t	Massas	
		JTI	JTE
	mm	kg	kg
80	100	10,0	-
100	120	13,15	-
150	170	21,60	-
200	220	33,90	-
250	270	47,9	-
300	320	70,36	145,76
350	370	-	174,0
400	420	-	201,00
450	470	-	Consultar
500	520	-	325,20
600	620	-	445,0

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

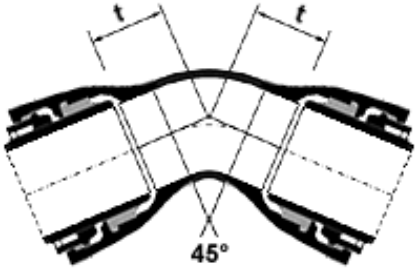
CURVA 45° COM BOLSAS - JTI JTE JPK



Abrev: C45JTE



Abrev: **C45JTI**

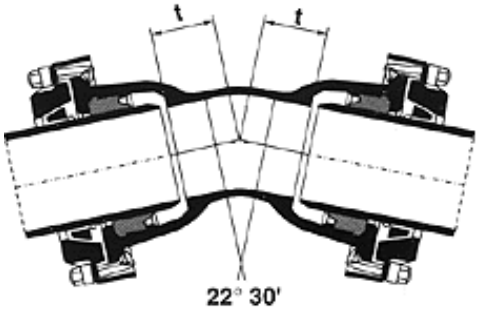


Abrev: **C45JPK**

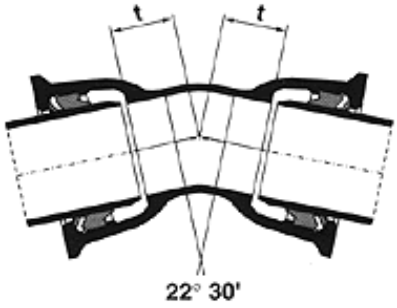
DN	Dimensões e Massas			
	t	Massas		
		JTI	JTE	JPK
	mm	kg	kg	kg
80	55	9,1	-	-
100	65	12,9	-	-
150	85	18,7	-	-
200	110	29	-	-
250	130	39,20	-	-
300	150	53,40	128,80	-
350	175	-	145	-
400	195	-	179,00	-
450	220	-	Consultar	
500	240	-	275,20	-
600	285	-	346,00	-
700	330	-	611,40	-
800	370	-	785,40	-
900	415	-	910,10	-
1000	460	-	1223,00	-
1200	550	-	1545,60	-
1400	522	-	-	1891
1500	655	-	-	2331,8
1600	563	-	-	2621
1800	730	-	-	4019,4
2000	Consultar			

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

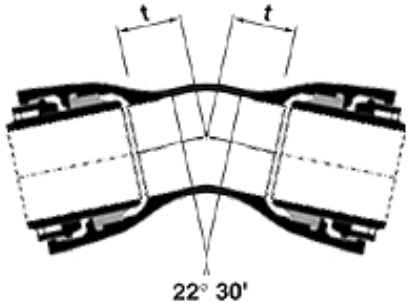
CURVA 22° 30' COM BOLSAS - JTI JTE JPK



Abrev: C22JTE



Abrev: **C22JTI**

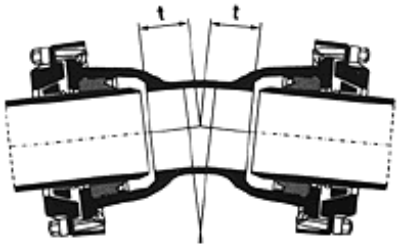


Abrev: **C22JPK**

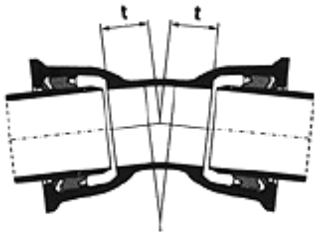
DN	Dimensões e Massas			
	t	Massas		
		JTI	JTE	JPK
	mm	kg	kg	kg
80	40	8,5	-	-
100	40	11,35	-	-
150	55	17,60	-	-
200	65	26,2	-	-
250	75	33,80	-	-
300	85	45,20	120,60	-
350	95	-	132	-
400	110	-	159,10	-
450	120	-	Consultar	
500	130	-	244,60	-
600	150	-	328,00	-
700	175	-	511,40	-
800	195	-	693,40	-
900	220	-	782,10	-
1000	240	-	1033,00	-
1200	285	-	1149,60	-
1400	-	-	-	Consultar
1500	-	-	-	
1600	-	-	-	
1800	-	-	-	
2000	Consultar			

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

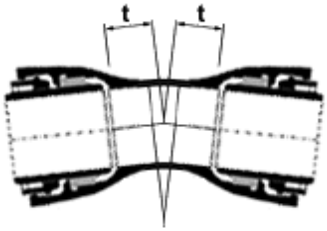
CURVA 11° 15' COM BOLSAS - JTI JTE JPK



11° 15'
Abrev: **C11JTE**



11° 15'
Abrev: **C11JTI**

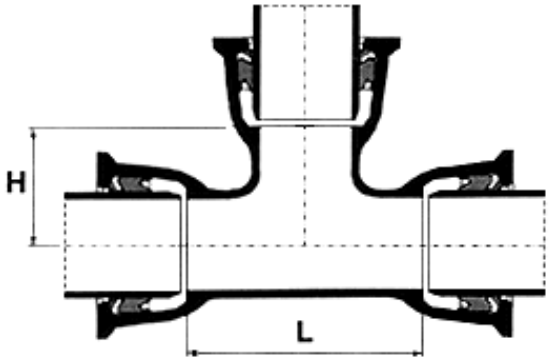


11° 15'
Abrev: **C11JPK**

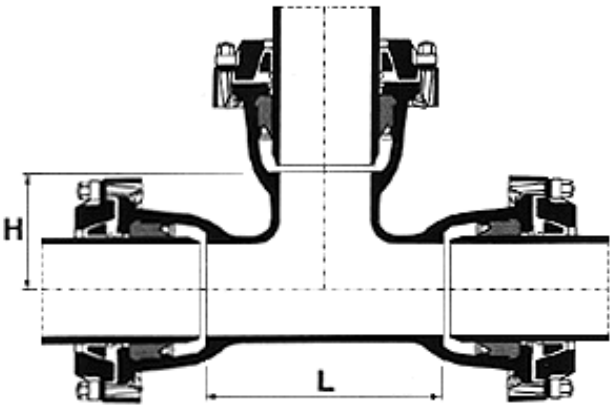
DN	Dimensões e Massas			
	t	Massas		
		JTI	JTE	JPK
	mm	kg	kg	kg
80	30	8,80	-	-
100	30	10,80	-	-
150	35	16,80	-	-
200	40	27,6	-	-
250	50	34,20	-	-
300	55	44,55	119,95	-
350	60	-	126	-
400	65	-	152,10	-
450	70	-	-	-
500	75	-	228,80	-
600	85	-	277,00	-
700	95	-	479,40	-
800	110	-	641,40	-
900	120	-	720,10	-
1000	130	-	905,00	-
1200	150	-	1077,60	-
1400	-	-	-	Consultar
1500	-	-	-	
1600	-	-	-	
1800	-	-	-	
2000	-	-	-	

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

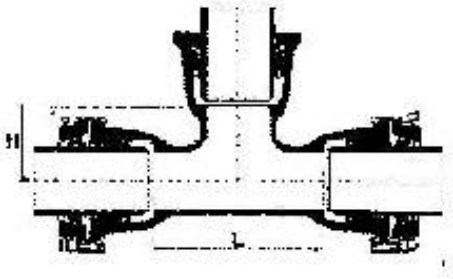
TÊ COM BOLSAS - JTI JTE



Abrev: **TJTI**



Abrev: **TJTE**



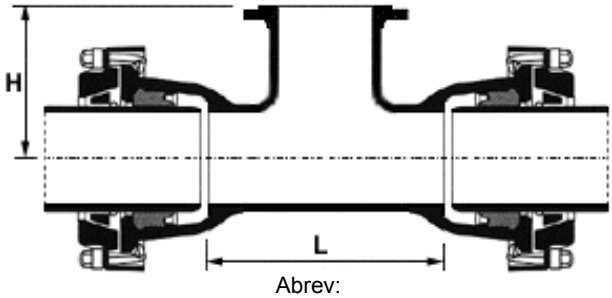
Abrev: **TJTETI**

DN	dn	Dimensões e Massas				
		L	H	Massas		
				JTI	JTE	JTETI
		mm	mm	kg	kg	kg
80	80	170	85	14,00	-	-
100	80	170	95	17,10	-	-
	100	190	95	18,40	-	-
150	80	170	120	22,90	-	-
	100	195	120	25,00	-	-
	150	255	125	29,70	-	-
200	80	175	145	32,3	-	-
	100	200	145	32,80	-	-
	150	255	150	38,90	-	-
	200	315	155	45,50	-	-
250	80	180	170	39,00	-	-
	100	200	170	39,50	-	-
	250	375	190	58,9	-	-
300	80	180	195	50,00	-	-
	100	205	195	54,70	-	-
	150	235	175	57,50	-	-
	200	320	205	67,60	-	-
	250	375	210	77,60	-	-
	300	435	220	83,00	196,10	-
350	100	205	220	-	-	-
	200	360	235	-	-	-
	250	360	250	-	-	-
	350	495	250	-	224,70	-
400	80	210	245	-	-	Consultar
	100	210	245	-	-	Consultar
	200	325	260	-	-	Consultar

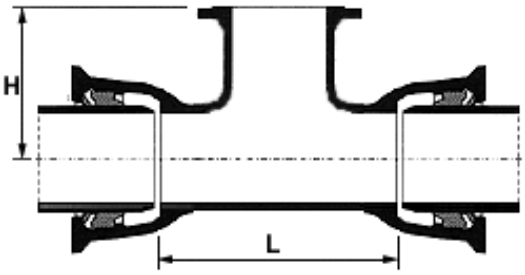
	300	440	270	-	248,30	-
	400	560	280	-	276,90	-
500	100	215	325	-	-	Consultar
	200	330	310	-	-	Consultar
	300	450	320	-	342,30	-
	500	680	340	-	418,80	-
600	100	220	345	-	-	Consultar
	200	340	360	-	-	Consultar
	300	455	370	-	405,70	-
	400	570	380	-	444,00	-
	600	800	400	-	543,50	-

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.
* Usar o anel JTI nas derivações (dn).

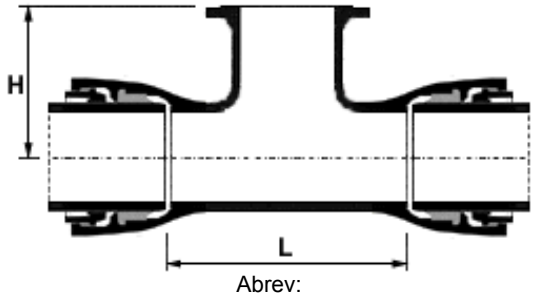
TÊ COM BOLSAS JTI JTE JPK E FLANGE



Abrev:
PN10: **TJTEF10**
PN16: **TJTEF16**
PN25: **TJTEF25**



Abrev:
PN 10: **TJTIF10**
PN 16: **TJTIF16**
PN 25: **TJTIF25**



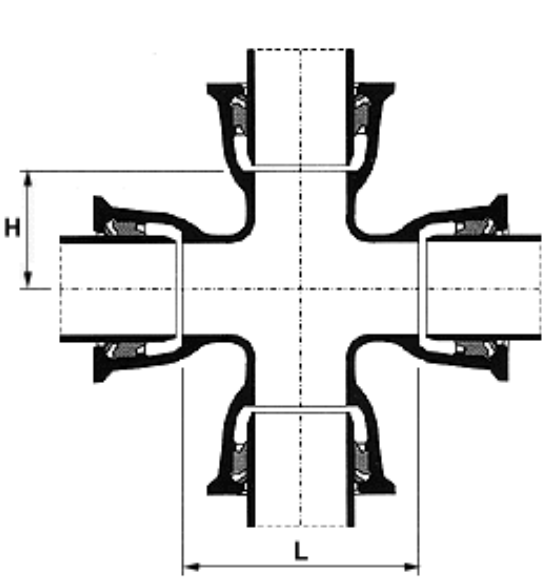
Abrev:
PN10: **TJPKF10**
PN16: **TJPKF16**
PN25: **TJPKF25**

DN	dn	Dimensões e Massas											
		L	H	Massas									
				JTI			JTE			JPK			
				PN 10	PN 16	PN 25	PN 10	PN 16	PN 25	PN 10	PN 16	PN 25
		mm	mm	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
80	50	170	155	11,00			-			-		
	80	170	165	14,70			-			-		
100	50	170	175	13,0			-			-		
	80	170	175	17,70			-			-		
	100	190	180	19,32		20,52	-			-		
150	50	170	210	19,2			-			-		
	80	170	205	23,30			-			-		
	100	195	210	25,20		27,8	-			-		
	150	255	220	31,00		30,0	-			-		
200	50	175	230	25,6			-			-		
	80	175	235	33,60			-			-		
	100	190	250	34,50		39	-			-		
	150	255	250	39,80		45	-			-		
	200	250	260	41,50		53	-			-		
250	50	180	260	35,5			-			-		
	80	180	265	39,7			-			-		
	100	190	260	41,0		41,3	-			-		
	250	365	290	62,8		64,9	-			-		
300	100	290	300	59,0		60	134,40		135,40	-		
	200	320	320	70,00		78	145,40	145,70	153,40	-		
	250	360	330	84,92	-	-	157,7	158,6	160,7	-		
	300	435	340	87,30		94,0	162,70	162,70	169,40	-		
350	100	205	330	-			143,0		143,0	-		
	200	360	350	-			160,0	160,0	162,0	-		
	250	370	355	-			153,1	164,1	166,1	-		

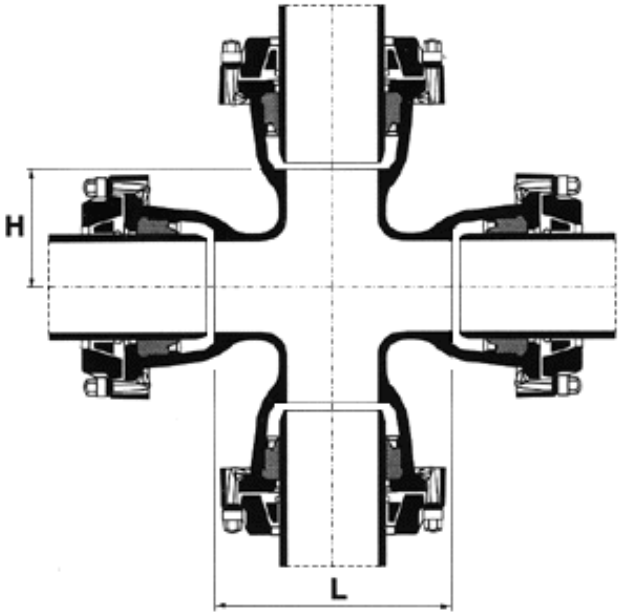
	350	495	380	-	190,0	193,0	201,0	-
400	100	210	360	-	171,20		172,50	-
	200	325	380	-	189,80	189,80	192,10	-
	300	440	400	-	211,70	211,70	216,90	-
	400	560	420	-	235,00	247,0	258,0	-
450	450	620	460	-	293,5	308,5	320,0	-
500	100	215	420	-	254,0		252,90	-
	200	330	440	-	273,40	273,40	274,00	-
	300	445	460	-	310,50	307,20	312,20	-
	400	565	480	-	339,20	345,20	356,20	-
	500	680	500	-	370,20	385,20	397,20	-
600	100	220	480	-	311,0		311,0	-
	200	340	500	-	336,0	346,0	348,0	-
	300	455	520	-	376,0	376,0	381,0	-
	400	570	540	-	416,0	413,0	433,0	-
	600	800	580	-	505,10	523,0	538,0	-
700	200	345	525	-	538,40	561,4	534,20	-
	600	925	585	-	726,20	752,2	766,20	-
	700	925	600	-	825,40	765,2	800,20	-
800	200	350	585	-	701,40	684,6	686,6	-
	400	580	615	-	833,40	781,40	801,40	-
	600	1045	645	-	965,40	992,40	1007,00	-
	800	1045	675	-	965,80	1041,40	1077,70	-
900	200	355	645	-	734,0	806,10	736,0	-
	400	590	675	-	912,3	918,50	929,8	-
1000	200	360	705	-	969,00	1013,0	983,9	-
	400	595	735	-	1109,00	1150,40	1161,60	-
	600	1290	765	-	1451,00	1469,80	1484,0	-
	800	1290	800	-	1517,0	1595,0	1646,0	-
	1000	1290	825	-	1637,0	1583,0	1812,0	-
1200	200	370	825	-	1251,60	1145,60	1423,60	-
	400	605	855	-	1469,30	1475,60	1486,60	-
	600	840	885	-	1821,60	1595,60	1862,60	-
	800	1070	915	-	2064,60	2083,60	2132,60	-
1400	400*	1010	960	-	-			Consultar
	600*	1034	980	-	-			
	1400	1950	1100	-	-			
1500	400*	1276	960	-	-			Consultar
	600*	1035	1035	-	-			
	1500	2216	1100	-	-			
1600	300*	1050	1050	-	-			Consultar
	400*	1050	1100	-	-			
	600*	1040	1090	-	-			
	1000	1505	1150	-	-			
	1600	2170	1240	-	-			
1800	400*	1476	1300	-	-			Consultar
	600*	1055	1200	-	-			
	800	1285	1230	-	-			
	900	1711	1245	-	-			
	1800	2836	1380	-	-			
2000	600*	1065	1310	-	-			Consultar
	1000	1530	1370	-	-			
	1400	1995	1430	-	-			

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.
* Flanges orientáveis

CRUZETA COM BOLSAS - JTI JTE



Abrev: **XJTI**



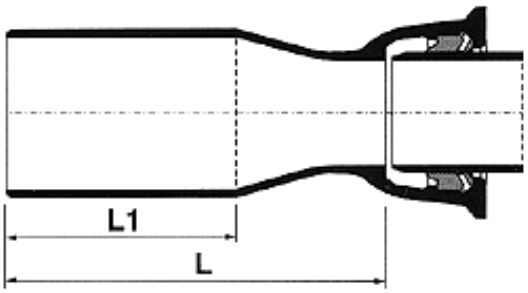
Abrev: **XJTE**

DN	dn	Dimensões e Massas			
		L	H	Massas	
				JTI	JTE
		mm	mm	kg	kg
80	80	160	80	16,0	-
100	80	165	95	23,1	-
	100	190	95	25,1	-
150	80	165	120	27,90	-
	100	195	120	29,70	-
	150	255	125	37,95	-
200	80	170	145	33,6	-
	100	200	145	38,20	-
	150	255	150	46,30	-
	200	315	155	55,65	-
250	80	170	170	42,70	-
	100	200	170	44,00	-
	250	375	190	77,40	-
300	80	175	195	50,10	125,50*
	100	205	195	56,6	132,00
	200	320	205	75,20	150,60
	300	435	220	104,0	254,80
350	100	224	238	-	142,5
	200	360	244	-	160,7
	250	360	247,0	-	170,2
400	80	180	245	-	175,80
	100	210	245	-	178,20
	200	325	260	-	200,00
	400	560	280	-	350,80
500	80	185	295	-	255,20*
	100	215	295	-	254,20
	200	330	305	-	279,20
	300	450	320	-	382,60
	500	680	340	-	514,40
	100	220	345	-	314,00
	200	340	355	-	346,00

600	300	455	370	-	453,40
	400	570	380	-	507,00
	600	800	400	-	672,00

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.
* Usar o anel JTI nas derivações (dn).

REDUÇÃO PONTA E BOLSA - JTI

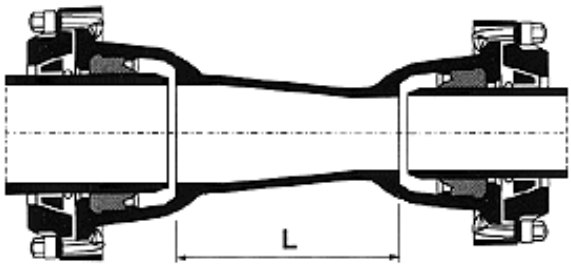


Abrev: **RPBJTI**

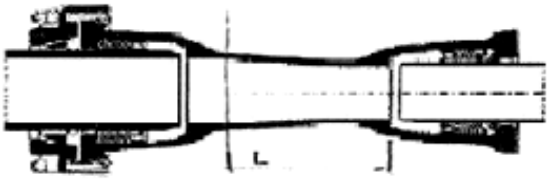
DN	dn	Dimensões e Massas		
		L	L1	Massas
		mm	mm	kg
100	80*	200	92	7,80
150	80*	300	98	11,50
	100*	300	98	12,50
200	80*	300	104	12,30
	100*	300	104	14,60
	150*	300	104	17,0
250	150*	350	104	22,10
	200*	250	104	22,30
300	150*	450	105	28,80
	200*	350	105	28,85
	250*	250	105	30,5

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.
* Usar o anel JTI no diâmetro menor (dn).

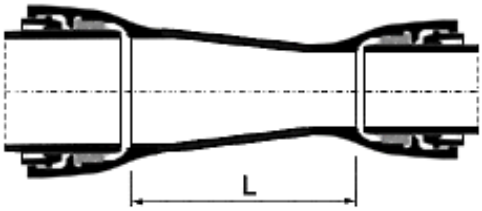
REDUÇÃO COM BOLSAS - JTI JTE JPK



Abrev: **RJTE**



Abrev: **RJTETI**

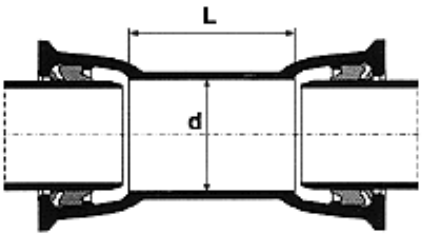


Abrev: **RJPK**

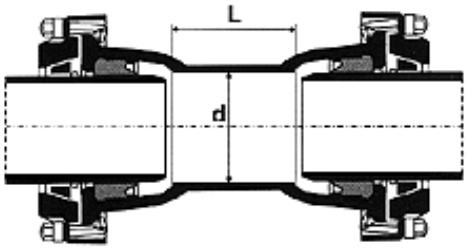
DN	dn	Dimensões e Massas			
		L	JTE	JPK	JTETI
		mm	kg	kg	kg
350	200	360	86,6	-	-
	250	260	85,76	-	-
	300	160	121,61	-	-
400	250	360	110,06	-	-
	300	260	142,74	-	-
	350	160	141,4	-	-
500	400	260	233,60	-	-
600	400	460	273,00	-	-
	500	260	30760	-	-
700	500	480	445,08	-	-
	600	280	423,6	-	-
800	600	480	564	-	-
	700	280	569	-	-
900	700	480	697	-	-
	800	280	694	-	-
1000	800	480	865	-	-
	900	280	864	-	-
1200	1000	480	1179	-	-
1400	1200	360	-	Consultar	
1500	1200	478	-		
	1400	260	-		
1600	1200	645	-		
	1400	360	-		
	1500	483	-		
1800	1600	360	-		
2000	1800	360	-	Consultar	-

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.
* Usar o anel JTI no diâmetro menor (dn).

LUVA COM BOLSAS - JTI JTE



Abrev: **LJTI**



Abrev: **LJTE**

DN	Dimensões e Massas			
	d	L	Massas	
			JTI	JTE
	mm	mm	kg	kg
80	109	160	9,70	-
100	130	160	11,7	-
150	183	165	16,7	-
200	235	170	24,2	-
250	288	175	30,20	-
300	340	180	38,90	114,30
350	393	185	-	128,0
400	445	190	-	148,20
450	494	195	-	Consultar
500	550	200	-	228,20
600	655	210	-	296,00
700	760	220	-	456,0
800	865	230	-	693,40
900	970	240	-	668,0
1000	1075	250	-	863,00
1200	1285	270	-	931,60

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

CAP - JTI JTE

DN 80 a 250

DN 300 a 600

Abrev.:

- Com junta JTI: **KJTI**
- Com junta JTE: **KJTE**

DN	Dimensões e Massas		
	P	Massas	
		JTI	JTE
	mm	kg	kg
80	82	4,15	-
100	88	5,00	-
150	94	9,20	-
200	100	15,0	-
250	103	19,00	-
300	105	32,1	69,80
350	107	-	NT
400	110	-	95,50
450	113	-	NT
500	115	-	150,20
600	120	-	197,50

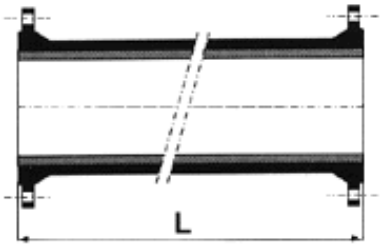
Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

SAINT-GOBAIN
CANALIZAÇÃO

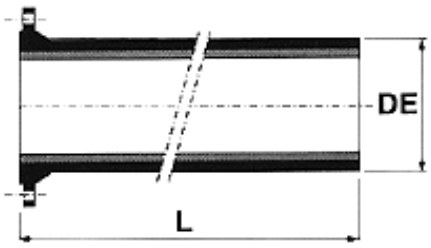
PAM

CAPÍTULO 11 - TUBOS E CONEXÕES COM FLANGES:

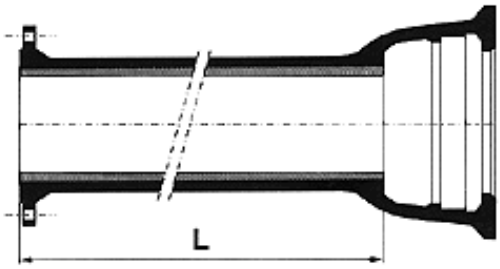
TUBOS COM FLANGES



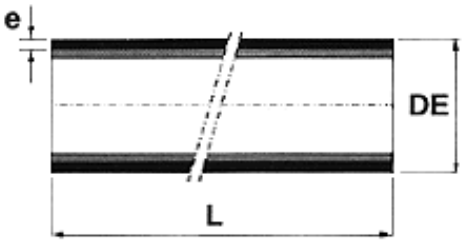
Abrev:
PN 10: **TFL10**
PN 16: **TFL16**
PN 25: **TFL25**



Abrev:
PN 10: **TFP10**
PN 16: **TFP16**
PN 25: **TFP25**



Abrev:
PN 10: **TFB10**
PN 16: **TFB16**
PN 25: **TFB25**



Abrev:
TCL

DN	Dimensões e Massas							
	Tubo Cilíndrico				Bolsa JGS	Flange		
	Comprimento Máximo L	Diâmetro Externo DE	Espessura Nominal e	Massas com Cimento	Massas	Massas		
						PN 10	PN 16	PN 25
	m	mm	mm	kg/m	kg	kg	kg	kg
80	5,8	98	6,0	13,98	3,4	4,0		
100	5,8	118	6,1	17,29	4,3	4,8		4,8
150	5,8	170	6,3	26,08	7,1	6,5		6,8
200	5,8	222	6,4	34,96	10,3	9,6		11,1
250	5,8	274	6,8	45,64	14,2	13,6		17,5
300	5,8	326	7,2	57,32	18,6	19,3		24,8
350	5,8	378	7,7	75,79	23,7	24,7	24,7	24,7
400	5,8	429	8,1	89,85	29,3	25,9	36,1	47,0
450	5,8	480	8,6	105,90	35,6	34,5	42,0	53,5
500	5,8	532	9,0	122,19	42,8	34,8	52,2	85,8
600	5,8	635	9,9	158,53	59,3	49,9	99,5	87,2
700	6,8/2 (*)	738	14,4/16,8	260,73/268,4 (**)	79,1	75,4	89	143,5
800	6,8	842	15,6	319,72	102,6	106,7	-	-
	2 (*)		18,2	332,0 (**)		-	125,9	125,9
900	6,8	945	16,8	383,87	129,9	129,5	-	-
	2 (*)		19,6	402,0 (**)		-	129,5	205,05
1000	6,8	1048	18,0	453,32	161,3	192	-	-
	2 (*)		21,0	478,0 (**)		-	192,0	270,0

1200	6,8	1255	20,4	609,07	237,7	220,0	-	-
	2 (*)		23,8	648,0 (**)		-	284,0	384,0
1400	7,4	1462	17,1	641,6	388,0	256,0	-	-
	3 (*)		22,8	726,8 (**)		-	209,8	339,3
1500	3 (*)	1565	22,8	819,1 (**)	454,8	283,0	383,0	503,0
1600	2,59 (*)	1668	25,2	916,9 (**)	519,3	356,1	440,2	587,7
1800	3 (*)	1875	27,6	1129,3 (**)	644,2	384,3	478,4	675,7
2000	3 (*)	2082	30,0	1363,4 (**)	747,3	573,3	703,3	1063,3

Revestimento:

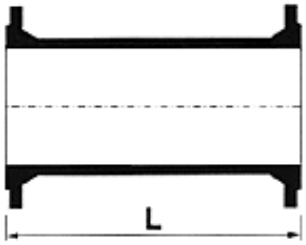
- internamente, argamassa de cimento.
- externamente, pintura betuminosa.

(*) Tubos revestidos internamente com pintura betuminosa.
(**) Massas sem cimento.
Nota: os tubos com flanges soldados devem ser K9, com flanges roscados K12 e com flanges fundidos K14.

Veja também:

- **Dimensões junta elástica - JGS**
- **Dimensões junta com flange PN 10**
- **Dimensões junta com flange PN 16**
- **Dimensões junta com flange PN 25**
- **Pressões de serviço admissíveis - Peças com flanges**

TOCO COM FLANGES

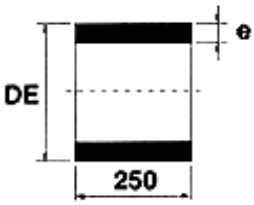


Abrev.:
PN 10: **TOF10**
PN 16: **TOF16**
PN 25: **TOF25**

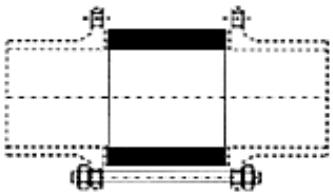
DN	Dimensões e Massas					
	Massas L = 0,25 m			Massas L = 0,50 m		
	PN 10	PN 16	PN 25	PN 10	PN 16	PN 25
	kg	kg	kg	kg	kg	kg
50	8,5			15		
80	10,24			14,2		
100	12,4		15,0	17,7		19,0
150	19,0		26,0	27,5		34,0
200	28,40	28,4	36,0	30,6	30,6	47,0
250	47,7	47,7	50,0	63,0	63,0	67,0
300	56,0	56,0	66,0	66,9	76,0	86,0
350	64,0	64,0	92,0	88,0	88,0	110,0
400	72,0	72,0	119,0	148,0	148,0	148,0
450	79,0	110,0	133,0	108,0	152,0	155,0
500	115,0	146,0	170,0	164,8	186,0	210,0
600	124,0	217,0	245,0	178,0	215,0	297,0
700	166,0	249,0	319,0	225,0	316,0	386,0
800	192,0	220,0	415,0	260	286,0	497,0
900	241,0	398,0	518,0	364,0	498,0	618,0
1000	284,0	356,0	659,0	386,0	480,0	778,0
1200	408,0	498,0	925,0	755,0	883,0	1083,0

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

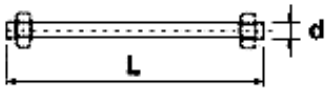
CARRETEL



Carretel simples
Abrev.: **CLS**



Carretel com tirantes
Abrev.:
PN 10: **CLC10**
PN 16: **CLC16**
PN 25: **CLC25**

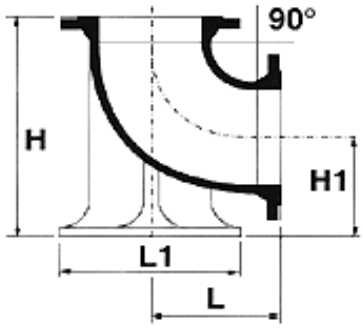


Tirantes
Abrev.:
PN 10: **TPC10**
PN 16: **TPC16**
PN 25: **TPC25**

DN	Dimensões e Massas															
	Carretel a Recortar L = 0,25 m			Tirantes												
				PN 10				PN 16				PN 25				
	e	DE	Massas	Quant.	L	d	Massas	Quant.	L	d	Massas	Quant.	L	d	Massas
	mm	mm	kg		mm	mm	kg		mm	mm	kg		mm	mm	kg
80	26,0	130,0	15,3	8	360	16	5,0	8	360	16	5,0	8	360	16	5,0
100	26,5	153,0	19,0	8	360	16	5,0	8	360	16	5,0	8	370	20	7,0
150	29,5	209,0	31	8	370	20	7,0	8	370	20	7,0	8	380	24	9,6
200	32,0	264,0	41,1	8	370	20	7,0	12	370	20	10,6	12	380	24	14,5
250	34,5	319,0	55,0	12	370	20	10,6	12	380	24	14,4	12	430	27	20,4
300	34,5	369,0	67,5	12	370	20	10,6	12	380	24	14,4	16	430	27	27,2
350	38,5	427,0	84,0	16	370	20	14,1	16	380	24	19,2	16	450	30	35,7
400	38,5	477,0	92,3	16	380	24	19,2	16	430	27	27,2	16	460	33	44,8
450	38,5	Consultar													
500	41,0	582,0	122	20	380	24	24,0	20	450	30	44,6	20	460	33	56,0
600	41,0	682,0	148,0	20	430	27	34,0	20	460	33	56,0	20	480	36	71,0
700	48,5	797,0	204,0	24	430	27	40,8	24	460	33	67,2	24	490	39	107,0
800	52,0	904,0	249,0	24	450	30	53,5	24	480	36	85,2	24	520	45	153,1
900	52,0	1004,0	278,0	28	450	30	62,4	28	480	36	99,4	28	520	45	178,6
1000	55,5	1111,0	329,0	28	460	33	78,4	28	490	39	124,9	28	550	52	253,1
1200	60,0	1320,0	424,0	32	480	36	113,6	32	520	45	204,2	32	550	52	289,3

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

CURVA 90° COM FLANGES E PÉ

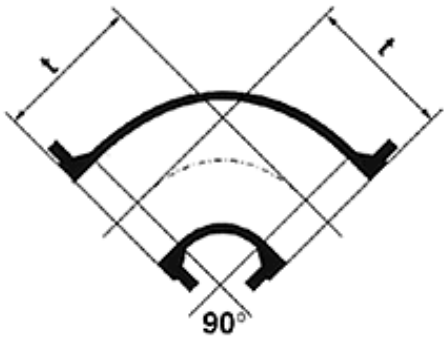


Abrev.:
PN 10: **CP90FF10**
PN 16: **CP90FF16**
PN 25: **CP90FF25**

DN	Dimensões e Massas						
	L	L1	H	H1	Massas		
					PN 10	PN 16	PN 25
	mm	mm	mm	mm	kg	kg	kg
80	165	180	275	110	14,1		
100	180	200	305	125	18,0		18,0
150	220	250	380	160	31,5		30,0
200	260	300	450	190	41,30	44	47,0
250	350	350	575	225	71,0	71,0	78,0
300	400	400	655	255	96	102,0	112,0
350	450	450	740	290	136,0	141,0	159,0
400	500	500	820	320	172,0	183,0	206,0
500	600	600	985	405	397,0	430,0	330,0
600	700	700	1150	450	538,0	476,0	504,0

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

CURVA 90° COM FLANGES



Abrev.:
PN 10: **C90FF10**
PN 16: **C90FF16**
PN 25: **C90FF25**

DN	Dimensões e Massas			
	t	Massas		
		PN 10	PN 16	PN 25
	mm	kg	kg	kg
50	150	6		
80	165	9,7		
100	180	11,3		12,0
150	220	21,8		20,0
200	260	30,8	30,8	32,0
250	350	49,85	49,85	53,0
300	400	66,17	66,17	76,0
350	450	91,3	93,0	110,0
400	500	121	121	145,0
450	550	173	210,0	233,0
500	600	194,0	318,0	278,0
600	700	366	409	430,0
700	800	520,0	490,0	480,0
800	900	580,0	563,0	690,0
900	1000	780,0	738,0	858,0
1000	1100	996,0	975,0	1132,0
1200	1300	1647,0	1549,0	1749,0

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

CURVA 45° COM FLANGES

Abrev.:
PN 10: **C45FF10**
PN 16: **C45FF16**
PN 25: **C45FF25**

DN	Dimensões e Massas			
	t	Massas		
		PN 10	PN 16	PN 25
	mm	kg	kg	kg
80	130	10,82		
100	140	11,4		11,5
150	160	20,0		19,0
200	180	29,8	29,5	30,0
250	350	54,0	58,6	59,0
300	400	77,6	80,5	84,0
350	300	109,5	80,0	97,0
400	325	111,3	111,3	125,0
450	350	128,5	173,0	196,0
500	375	228,0	250,0	262,0
600	425	286,0	290,0	358,0
700	480	405,0	430,0	395,0
800	530	413,0	438,0	536,0
900	580	536,0	564,0	717,0
1000	630	900,0	747,0	903,0
1200	750	1304,0	1171,0	1371,0
1400	775	1667,0	Consultar	
1500	810	1774,0	Consultar	
1600	845	2279,0	Consultar	
1800	910	3522,0	Consultar	
2000	Consultar			

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

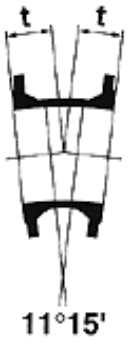
CURVA 22° 30' COM FLANGES

Abrev.:
PN 10: **C22FF10**
PN 16: **C22FF16**
PN 25: **C22FF25**

DN	Dimensões e Massas			
	t	Massas		
		PN 10	PN 16	PN 25
	mm	kg	kg	kg
80	105	8,2		
100	110	17,0		18,0
150	119	28,0		30,0
200	131	35,25	41,0	45,0
250	149	47,5	47,5	62,0
300	210	73,0	60,7	83,0
350	179	85,6	105,0	121,0
400	194	118,0	136,0	158,0
450	209	156,0	156	194,0
500	224	210	190,8	234,0
600	254	413,0	305,0	333,0
700	284	344,0	374,0	444,0
800	314	472,0	510,0	608,0
900	344	605,0	653,0	773,0
1000	374	781,0	865,0	1021,0
1200	434	1110,0	1238,0	1438,0
1400	524	1220,0	Consultar	
1500	524	1326,0	Consultar	
1600	564	1668,0	Consultar	
1800	604	2466,0	Consultar	
2000	650	2718,0	Consultar	

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

CURVA 11° 15' COM FLANGES

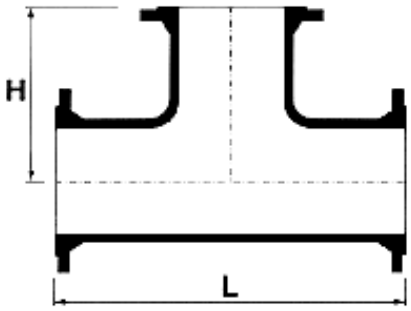


Abrev.:
PN 10: **C11FF10**
PN 16: **C11FF16**
PN 25: **C11FF25**

DN	Dimensões e Massas			
	t	Massas		
		PN 10	PN 16	PN 25
	mm	kg	kg	kg
80	113	8,8		
100	75	9,24		17,0
150	113	25,0		19,63
200	95	35,58	36,0	40,0
250	104	32,4	49,0	55,0
300	114	51,7	62,0	72,0
400	134	138	116,0	93,0
450	144	Consultar		
500	154	134,0	149,2	203,0
600	174	164	164	287,0
700	194	208,0	304,0	374,0
800	213	250,0	412,0	510,0
900	234	473,0	468,0	641,0
1000	253	609,0	693,0	849,0
1200	293	680,0	1055,0	1255,0
1400	403	996,0	Consultar	
1500	403	1102,0	Consultar	
1600	433	1363,0	Consultar	
1800	463	1938,0	Consultar	
2000	496	2201,0	Consultar	

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

TÊ COM FLANGES



Abrev.:
PN 10: **TFF10**
PN 16: **TFF16**
PN 25: **TFF25**

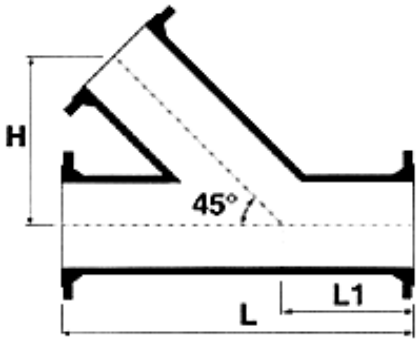
DN	dn	Dimensões e Massas				
		L	H	Massas		
				PN 10	PN 16	PN 25
		mm	mm	kg	kg	kg
80	50	320	160	14,8		
	80	330	165	16,0		
100	50	360	160	16,0		16,0
	80	360	175	19,15		19,3
	100	340	160	17,00		20,00
150	50	440	210	26,31		26,0
	80	440	205	27,40		32,0
	100	440	210	28,44		31,00
	150	440	220	32,30		35,00
200	50	500	235	29,50	48,0	52,0
	80	520	235	43,5	43,5	44,00
	100	500	220	37,40	41,00	45,00
	150	520	250	50,43	48,9	57,00
	200	520	260	49,20	49,1	53,00
250	50	700	265	67,0	67,0	73,0
	80	700	265	65,00	69,0	75,0
	100	700	260	61,2	67,0	75,0
	200	700	325	88,2	73,0	82,0
	250	700	350	80,0	80,0	91,0
300	100	800	300	88,7	92,00	103,00
	200	800	350	105,60	103,00	112,00
	300	800	400	114,20	119,00	134,00
350	100	850	325	135,70	118,0	135,00
	200	850	325	144,50	123,00	142,0
	300	850	425	119,00	139,0	160,0
	350	850	425	153,00	148,0	173,00
400	100	900	350	131,40	149,0	172,0
	200	900	350	136,90	153,0	178,0
	300	900	450	159,0	171,0	198,0
	400	900	450	179,20	206,10	223,00
450	100	950	375	173,0	182,00	212,0
	200	950	375	180,0	247,00	220,0
	300	900	475	187,0	280,00	230,0
	400	900	475	202,00	225,0	259,0
	450	950	475	202,00	277,00	264,0
500	100	1000	400	218,00	251,00	259,0
	200	1000	400	226,00	266,00	265,0
	300	1000	500	252,00	249,0	278,0
	400	1000	500	259,00	296,00	305,0
	500	1000	500	274,00	320,00	329,0
	100	1100	450	281,00	326,00	390,00

600	200	1100	450	326,00	389,00	376,0
	300	1100	550	355,00	407,00	424,00
	400	1100	550	380,00	423,00	414,0
	500	1100	550	391,00	380,0	420,0
	600	1100	550	408,00	490,0	538,00
700	200	650	525	334,00	366,00	406,00
	400	870	555	378,00	391,00	456,0
	700	1200	600	582,00	607,00	628,0
800	200	690	585	386,00	401,00	468,00
	400	910	615	470,00	459,00	589,0
	600	1350	645	603,00	806,00	744,00
	800	1350	675	685,00	708,00	863,0
900	200	730	645	481,00	482,0	603,0
	400	950	675	595,00	592,0	722,0
	600	1500	705	864,00	966,00	990,0
	900	1500	750	986,00	925,0	1107,0
1000	200	700	705	562,00	617,00	768,00
	400	990	735	660,00	742,00	920,0
	600	1650	765	1014,00	1110,0	1280,0
	800	1650	765	1027,00	1170,0	1370,0
	1000	1650	825	1044,00	1248,00	1465,0
1200	200	850	825	880,00	972,00	1137,0
	400	1070	855	965,0	1099,0	1310,0
	600	1240	885	1192,00	1274,00	1473,0
	800	1450	890	1376,00	1515,0	1764,0
	1000	1680	935	1804,00	1746,00	2012,0
	1200	1950	975	2157,00	2055,0	2355,0
1400	400*	1530	960	1619,0	Consultar	Consultar
	600*	1575	1035	1642,0	Consultar	Consultar
	1400	2470	1100	2676,0	Consultar	Consultar
1500	400*	1530	960	1725,0	Consultar	Consultar
	600*	1575	1035	1749,0	Consultar	Consultar
	1500	2470	1100	2807,0	Consultar	Consultar
1600	300*	1610	1050	2250,0	Consultar	Consultar
	400*	1610	1100	2167,0	Consultar	Consultar
	600*	1600	1090	2186,0	Consultar	Consultar
	1000	2065	1150	3216,0	Consultar	Consultar
	1600	2730	1240	3670,0	Consultar	Consultar
1800	400*	1655	1230	2735,0	Consultar	Consultar
	600*	1655	1200	2756,0	Consultar	Consultar
	800	1885	1230	3156,0	Consultar	Consultar
	900	1885	1245	3172,0	Consultar	Consultar
	1800	3010	1380	5345,0	Consultar	Consultar
2000	600	1705	1310	3334,0	Consultar	Consultar
	1000	2170	1370	4182,0	Consultar	Consultar
	1400	2635	1430	5029,0	Consultar	Consultar

* Flanges orientáveis

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

JUNÇÃO 45° COM FLANGES

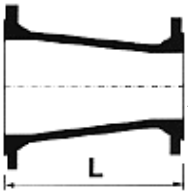


Abrev.:
PN 10: **YFF10**
PN 16: **YFF16**
PN 25: **YFF25**

DN	dn	Dimensões e Massas					
		L	L_1	H	Massas		
					PN 10	PN 16	PN 25
		mm	mm	mm	kg	kg	kg
80	80	400	90	195	17,0		
100	80	430	90	215	22,50		21,0
	100	430	90	215	23,30		22,50
150	100	530	95	270	22,0		36,0
	150	530	95	270	40,4		40,4
200	100	600	95	321	59,90	59,90	52,0
	150	600	95	321	51,0	51,0	56,0
	200	600	95	321	67,45	67,65	60,00
250	150	700	115	363	71,00	71,00	79,0
	200	700	115	363	76,0	76,0	84,0
	250	700	115	363	112,55	112,55	90,0
300	200	800	135	412	131,00	131,00	114,0
	250	800	135	412	140,40	140,40	159,0
	300	800	135	412	152,55	111,0	126,0
400	300	960	145	472	227,00	231,00	271,00
	400	960	145	512	264,00	213,00	304,00

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

REDUÇÃO COM FLANGES



Redução concêntrica

Abrev.:
PN 10: **RFF10**
PN 16: **RFF16**
PN 25: **RFF25**

Redução excêntrica

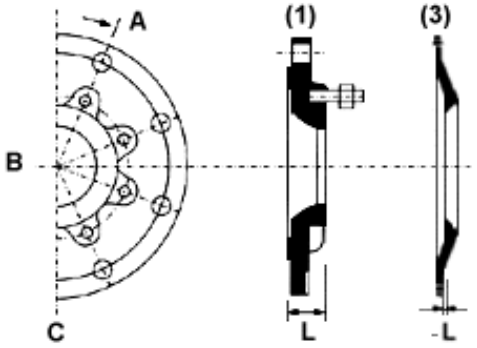
Abrev.:
PN 10: **REFF10**
PN 16: **REFF16**
PN 25: **REFF25**

DN	dn	Dimensões e Massas						
		L	Massas					
			Concêntrica			Excêntrica		
			PN 10	PN 16	PN 25	PN 10	PN 16	PN 25
		mm	kg	kg	kg	kg	kg	kg
80	50	200	7,11			7,2		
	75	205	8,70		9,4	-		
100	50	300	8,40		16,0	-		
	80	200	9,6		9,5	10,0		10,0
150	80	400	15,85		26,5	17,2		18,2
	100	300	14,6		17,00	16,25		16,6
200	100	600	38,30	38,30	40,20	37,1	37,1	38
	150	300	21,00	24,1	25,00	22,0	22,0	25,0
250	150	600	53,30	52	52	47,40	47,40	43,0
	200	300	33,40	32,10	47	30,0	30,0	35,0
300	150	600	59,20	52,0	58,0	59,70	59,70	52,0
	200	600	58,0	58,0	58,0	60,66	60,66	58,0
	250	300	49,0	49,00	49,00	42,60	42,66	49,0
350	200	600	46,00	46,00	92,0	-		
	250	600	85,15	85,15	89,0	-		
	300	310	65,4	65,40	66,0	-		
400	250	610	73,4	73,40	98,0	104,35	104,35	92,0
	300	600	105,5	105,50	98,00	113,45	113,35	101,0
	350	310	79,75	79,75	86,0	-		
450	300	600	108,10	108,10	127,0	-	-	
	350	600	97,0	97,00	127,0	-	-	
	400	300	83,0	119,0	140,0	-	-	
500	350	600	132,9	132,90	146,0	-	-	
	400	600	144,35	130,00	153,0	-	-	
	450	300	125,0	147,0	118,0	-	-	
600	400	800	190,00	220,00	212,0	-	-	
	450	600	158,0	192,0	217,0	-	-	
	500	600	194,00	249,00	261,00	198,00	-	
700	600	600	252,00	292,00	285,0	-	-	
800	700	600	305,00	334,00	369,0	-	-	
900	800	600	364,00	396,00	461,0	-	-	
1000	900	600	461,00	481,00	576,0	-	-	
1200	1000	800	753,00	830,00	898,00	-	-	
1400	1200	850	846,0	Consultar		-	-	
1500	1200	760	886,0	Consultar		-	-	
	1400	695	825,0	Consultar		-	-	
1600	1200	1090	1333,0	Consultar		-	-	
	1400	910	1259,0	Consultar		-	-	
	1500	890	1169,0	Consultar		-	-	
1800	1600	970	1553,0	Consultar		-	-	
2000	1800	1030	2049,0	Consultar		-	-	

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

PLACA DE REDUÇÃO

Abrev.:
PN 10: **PR10**
PN 16: **PR16**
PN 25: **PR25**



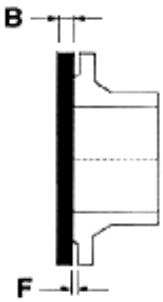
DN	dn	Dimensões e Massas					
		PN 10		PN 16		PN 25	
		L	Massas	L	Massas	L	Massas
		mm	kg	mm	kg	mm	kg
100	50	40	4,80	Consultar			
200	80	40	14,30				
	100	40	12,65				
250	200	44	32,0				
350	150	48	38,0				
	250	48	32,0				
400	150	48	49,00				
	200	48	39,5				
	250	48	39,0				
	300	49	38,0				
450	350	52	45,0				
500	250	54	57				
	350	54	56,0				
	400	54	55,00				
600	150	33	82,60				
	450	50	94,0				
700	500	56	102,0				
900	700	63	165,0				
1000	700	63	222,0				
	800	68	209,0				
1400	800 (1)	81	514,0				
	1000 (1)	86	455,0				
1600	800 (3)	-19	1000,0				
	1200 (1)	94	613,0				
1800	Consultar						
2000	Consultar						

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.
(1) Forma 1
(3) Forma 3

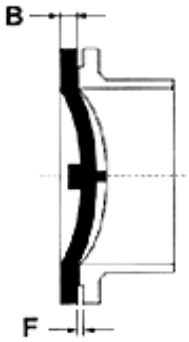
FLANGE CEGO

Abrev.:
PN 10: **FC10**
PN 16: **FC16**
PN 25: **FC25**

DN 50 a 200



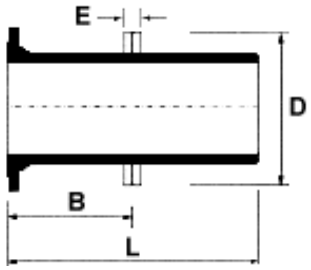
DN 250 a 2000



DN	Dimensões e Massas						
	F	PN 10		PN 16		PN 25	
		B	Massa	B	Massa	B	Massa
	mm	mm	kg	mm	kg	mm	kg
50	3	16,0	2,3	16,0	2,3	16,0	2,3
80	3	16,0	3,8	16,0	3,8	16,0	3,8
100	3	16,0	4,86	16,0	4,86	16,0	4,8
150	3	16,0	9,00	16,0	9,00	17,0	8,3
200	3	17,0	11,22	17,0	11,22	19,0	13,30
250	3	19,0	19,00	19,0	19,0	21,5	21,00
300	4	20,5	21,00	20,5	24,00	23,5	30,00
350	4	20,5	32,20	22,5	35,80	26,0	43,0
400	4	20,5	33,20	24,0	44,00	28,0	58,00
450	4	21,5	57,20	26,0	75,5	30,5	87,0
500	4	22,5	69,50	27,5	77,0	32,5	94,00
600	5	25,0	90,30	31,0	121,00	37,0	144,0
700	5	27,5	165,00	34,5	165,00	41,5	216,00
800	5	30,0	228,00	38,0	236,00	46,0	304,0
900	5	32,5	282,00	41,5	286,0	50,5	397,0
1000	5	35,0	386,0	45,0	375,00	55,0	535,0
1200	5	40,0	493,00	52,0	662,0	64,0	843,0
1400	5	41,0	847,0	Consultar	Consultar	Consultar	Consultar
1500	5	42,5	1027,0	Consultar	Consultar	Consultar	Consultar
1600	5	44,0	1239,0	Consultar	Consultar	Consultar	Consultar
1800	5	47,0	1717,0	Consultar	Consultar	Consultar	Consultar
2000	5	50,0	2272,0	Consultar	Consultar	Consultar	Consultar

Revestimento: pintura betuminosa.

EXTREMIDADE FLANGE E PONTA COM ABA DE VEDAÇÃO

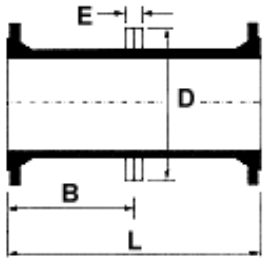


Abrev.:
PN 10: **EPFAV10**
PN 16: **EPFAV16**
PN 25: **EPFAV25**

DN	Dimensões e Massas							
	L	B	D	E	Massas			Empuxo Axial Máximo Admissível
					PN 10	PN 16	PN 25	
	mm	mm	mm	mm	kg	kg	kg	kdaN
80	700	350	200	20	16,45			1,7
100	700	350	218	20	21,30		32,0	3,0
150	700	350	270	20	33,20		46,0	6,6
200	700	350	322	20	48,20	48,20	50,0	11,8
250	700	350	374	20	63,0	52,00	61,5	18,4
300	700	350	426	20	77,45	77,45	81,0	26,5
350	700	350	478	25	104,00	104,00	104,0	36,0
400	700	350	529	25	108,0	113,60	127,0	47,0
450	700	350	580	25	140,0	140,0	140,0	59,7
500	700	350	632	25	159,5	164,0	177,0	74,0
600	700	350	735	25	200,00	227,00	241,0	106,0
700	700	350	858	30	268,00	272,0	299,0	144,0
800	700	350	952	30	294,0	388,00	389,0	188,0
900	700	350	1095	30	396,00	408,0	474,0	238,0
1000	700	350	1198	40	450,00	498,00	619,0	295,0
1200	700	350	1405	40	641,00	695,0	817,0	425,0
1400	2000	1000	1675	45	1795,0	-	-	462,0
1500	2000	1000	1785	43	2440,0	-	-	530,1
1600	2400	1100	1915	60	2310,0	-	-	603,2
1800	3000	1000	2115	47	4505,0	-	-	763,4
2000	3000	1000	2325	55	6210,0	-	-	942,5

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

TOCO COM FLANGES E ABA DE VEDAÇÃO



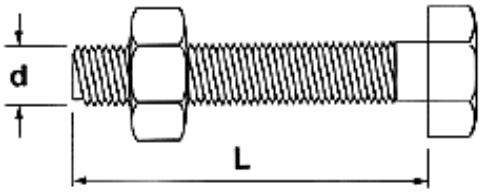
Abrev.:
PN 10: **TOFAV10**
PN 16: **TOFAV16**
PN 25: **TOFAV25**

DN	Dimensões e Massas							
	L	B	D	E	Massas			Empuxo Axial Máximo Admissível
					PN 10	PN 16	PN 25	
	mm	mm	mm	mm	kg	kg	kg	kdaN
80	700	350	200	20	18,4			1,7
100	700	350	218	20	23,80		25,5	3,0
150	700	350	270	20	40,0		42,0	6,6
200	700	350	322	20	55,7	55,7	60,0	11,8
250	700	350	374	20	72,5	72,5	79,0	18,4
300	700	350	426	20	92,20	92,20	104,0	26,5
350	700	350	478	25	113,00	118,5	135,0	36,0
400	700	350	529	25	138,90	138,90	172,0	47,0
450	700	350	580	25	183	183	183	59,72
500	700	350	632	25	197	217,0	242,0	74,0
600	700	350	735	25	245,00	308,0	337,0	106,0
700	700	350	858	30	322	336,33	425,0	144,0
800	700	350	952	30	366	389,00	555,0	188,0
900	700	350	1095	30	470,0	557	683,0	238,0
1000	700	350	1198	40	575,00	616,00	889,0	295,0
1200	700	350	1405	40	778,00	979,0	1201,0	425,0
1400	2000	1000	1675	45	2051,0	Consultar		462,0
1500	2000	1000	1785	43	2610,0	Consultar		530,1
1600	2200	1100	1915	60	2775,0	Consultar		603,2
1800	3000	1000	2115	47	4803,0	Consultar		763,4
2000	3000	1000	2325	55	6550,0	Consultar		942,5

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

ACESSÓRIOS PARA JUNTAS COM FLANGES: PARAFUSOS

Abrev.:
PN 10: **PPFIQ10***
PN 16: **PPFIQ16***
PN 25: **PPFIQ25***

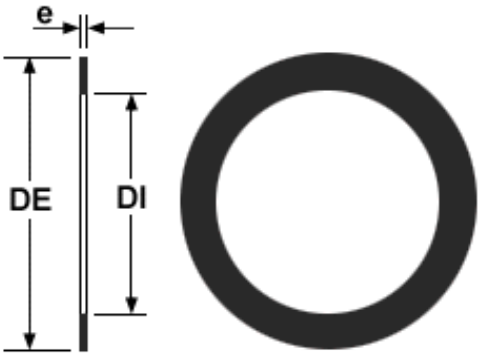


DN	Dimensões e Massas											
	PN 10				PN 16				PN 25			
	d	L	Quant. por Junta	Massas por Junta	d	L	Quant. por Junta	Massas por Junta	d	L	Quant. por Junta	Massas por Junta
	mm	mm		kg	mm	mm		kg	mm	mm		kg
50	16	80	4	0,7	16	80	4	0,7	16	80	4	0,7
80	16	80	8	1,4	16	80	8	1,4	16	80	8	1,4
100	16	80	8	1,4	16	80	8	1,4	20	90	8	2,6
150	20	90	8	2,6	20	90	8	2,6	24	100	8	4,4
200	20	90	8	2,6	20	90	12	3,96	24	100	12	6,6
250	20	90	12	4,0	24	100	12	6,6	27	120	12	11,2
300	20	90	12	4,0	24	100	12	6,6	27	120	16	14,9
350	20	90	16	5,3	24	100	16	8,8	30	130	16	18,2
400	24	100	16	8,8	27	120	16	14,9	33	130	16	23,5
450	24	100	20	11,0	27	120	20	18,6	33	130	20	29,4
500	24	100	20	11,0	30	130	20	22,8	33	130	20	29,4
600	27	120	20	18,6	33	130	20	29,4	36	140	20	37,6
700	27	120	24	22,3	33	130	24	35,4	39	150	24	56,9
800	30	130	24	27,4	36	140	24	45,1	45	180	24	90,5
900	30	130	28	31,9	36	140	28	52,6	45	180	28	105,6
1000	33	130	28	41,2	39	150	28	66,4	52	200	28	156,8
1200	36	140	32	60,2	45	180	32	120,7	52	200	32	179,2
1400	39	180	36	98,7	45	210	36	146,9	56	260	36	282,6
1500	39	180	36	98,7	52	230	36	217,0	56	260	36	282,6
1600	45	190	40	154,4	52	230	40	241,1	56	260	40	314,0
1800	45	190	44	169,9	52	230	44	265,2	64	300	44	457,6
2000	45	190	48	185,3	56	260	48	376,8	64	300	48	499,2

* parafusos de aço galvanizado a fogo, conforme NBR 7675.

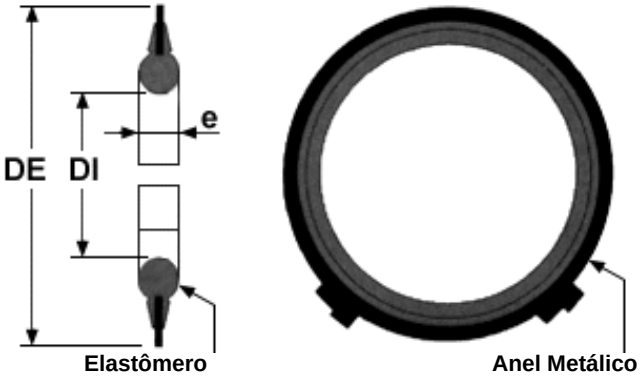
ACESSÓRIOS PARA JUNTAS COM FLANGES: ARRUELAS

DN 50 a 1200



PN 10: **ABF10**
PN 16: **AAF16**
PN 25: **AAF25**

DN 1400 a 2000



PN 10: **AAM10**
PN 16: **AAM16**
PN 25: **AAM25**

ABF: Arruela de borracha SBR para flange

DN	Dimensões e Massas									
	DI	PN 10			PN 16			PN 25		
		DE	e	Massas	DE	e	Massas	DE	e	Massas
	mm	mm	mm	kg	mm	mm	kg	mm	mm	kg
50	55	97	3,0	0,02	97	1,5	0,01	97	1,5	0,01
80	85	130	3,0	0,03	130	1,5	0,02	130	1,5	0,02
100	105	152	3,0	0,04	152	1,5	0,02	158	1,5	0,02
150	155	208	3,0	0,06	208	1,5	0,04	213	1,5	0,04
200	205	263	3,0	0,09	263	1,5	0,05	273	1,5	0,06
250	255	318	3,0	0,14	318	1,5	0,07	330	1,5	0,08
300	305	366	3,0	0,14	366	1,5	0,08	388	1,5	0,10
350	355	426	3,0	0,17	431	1,5	0,10	446	1,5	0,12
400	405	477	3,0	0,20	484	1,5	0,13	502	1,5	0,16
450	455	525	3,0	0,22	545	1,5	0,17	557	1,5	0,19
500	505	582	3,0	0,32	606	1,5	0,21	612	1,5	0,22
600	605	682	3,0	0,35	721	1,5	0,28	717	1,5	0,27
700	705	797	5,0	0,47	791	3,0	0,48	819	3,0	0,65
800	805	904	5,0	0,58	898	3,0	0,59	928	3,0	0,80
900	905	1004	5,0	0,65	998	3,0	0,66	1028	3,0	0,89
1000	1005	1111	5,0	0,85	1115	3,0	0,87	1141	3,0	1,09
1200	1205	1330	5,0	1,20	1330	3,0	1,18	1349	3,0	1,37
1400	1448	1544	16,0	7,40	1544	16,0	7,40	1544	16,0	7,40
1500	1541	1657	16,0	9,90	1657	16,00	9,90	1657	16,0	9,90
1600	1651	1767	16,0	10,60	1767	16,0	10,60	1767	16,0	10,60
1800	1851	1967	16,0	11,90	1967	16,0	11,90	1967	16,0	11,90
2000	2047	2173	16,0	13,10	2173	16,0	13,10	2173	16,0	13,10

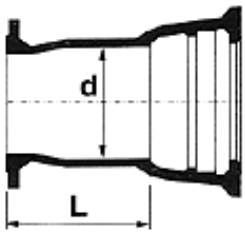
SAINT-GOBAIN
CANALIZAÇÃO

PAM

CAPÍTULO 12 - PEÇAS DE TRANSIÇÃO (SISTEMAS FLANGEADOS PARA PONTA E BOLSA):

EXTREMIDADE FLANGE E BOLSA - JGS

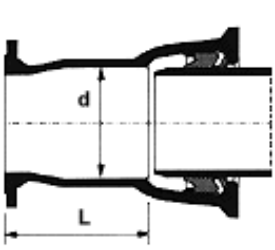
Abrev:
PN 10: **EFJGS10**
PN 16: **EFJGS16**
PN 25: **EFJGS25**



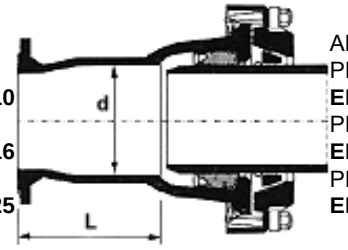
DN	Dimensões e Massas				
	d	L	Massas		
			PN 10	PN 16	PN 25
	mm	mm	kg	kg	kg
80	109	130	8,1		
100	130	130	9,80		10,5
150	183	135	15,70		16,5
200	235	140	20,90	20,90	23,8
250	288	145	28,75	28,75	33,7
300	340	150	37,60	37,60	41,00
350	393	155	44	49,8	56
400	445	160	53,10	60,20	70,40
450	498	165	69,60	74	85
500	550	170	81,60	95,80	105,60
600	655	180	106,0	133	147
700	760	190	163,00	237	187,50
800	865	200	210,0	219,5	244,0
900	970	210	258,0	269,5	300,0
1000	1075	220	321,0	361,00	380,0
1200	1285	240	460,00	437,5	487,5
1400	1477	310	716,0	768,0	897,0
1500	1580	360	898,0	986,0	1122,0
1600	1683	330	963,0	1046,0	1194,0
1800	1889	387	1212,0	1305,0	1502,0
2000	2095	395	1659,0	1784,0	2084,0

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

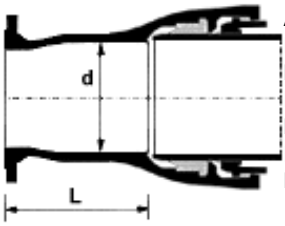
EXTREMIDADE FLANGE E BOLSA - JTI JTE JPK



Abrev:
PN 10: **EFJTI10**
PN 16: **EFJTI16**
PN 25: **EFJTI25**



Abrev:
PN 10: **EFJTE10**
PN 16: **EFJTE16**
PN 25: **EFJTE25**

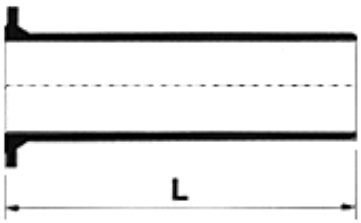


Abrev:
PN 10: **EFJPK10**
PN 16: **EFJPK16**
PN 25: **EFJPK25**

DN	Dimensões e Massas										
	d	L	Massas								
			JTI			JTE			JPK		
			PN 10	PN 16	PN 25	PN 10	PN 16	PN 25	PN 10	PN 16	PN 25
	mm	mm	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
80	109	130	9,3			-			-		
100	130	130	9,8		10,5	-			-		
150	183	135	15,7		16,5	-			-		
200	235	140	20,9	20,9	23,8	-			-		
250	288	145	28,75	28,75	33,7	-			-		
300	340	150	37,6	37,6	41,0	75,3	75,3	78,7	-		
350	393	155	-			83,0	88,8	95,0	-		
400	445	160	-			101,1	108,2	118,4	-		
450	498	165	-			Consultar			-		
500	550	170	-			155,2	169,4	179,2	-		
600	655	180	-			191,5	218,5	232,5	-		
700	760	190	-			307,7	381,7	332,2	-		
800	865	200	-			394,7	404,2	428,7	-		
900	970	210	-			463,05	474,55	505,05	-		
1000	1075	220	-			577,5	617,5	636,50	-		
1200	1285	240	-			707,8	685,3	735,3	-		
1400	1477	310	-			-			Consultar		
1500	1580	360	-			-					
1600	1683	330	-			-					
1800	1884	475	-			-					
2000	Consultar										

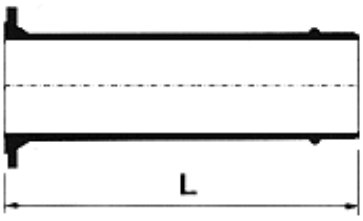
Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

EXTREMIDADE FLANGE E PONTA



Para juntas JGS, JM e JTI

Abrev.:
PN 10: **EFP10**
PN 16: **EFP16**
PN 25: **EFP25**



Para juntas JTE e JPK

Abrev.:
PN 10: **EFP10T**
PN 16: **EFP16T**
PN 25: **EFP25T**

DN	Dimensões e Massas			
	L	Massas		
		PN 10	PN 16	PN 25
	mm	kg	kg	kg
80 *	350	8,5		
100 *	360	10,9		10,2
150 *	380	17,7		16,6
200 *	400	23,2	23,2	24,5
250 *	420	32,0	32,0	35,5
300	440	53,7	43,33	47,5
350	460	52,0	52,0	64,0
400	480	73,5	73,5	81,0
450	500	78,0	84,0	96,0
500	520	114,0	131,0	121,0
600	560	152,0	173,0	168,0
700	600	203,0	221,0	229,0
800	600	246,0	248,0	294,0
900	600	333,33	295,0	355,0
1000	600	363,0	430,0	447,0
1200	600	456,0	506,0	620,0
1400	710	674,0	Consultar	
1500	750	802,0		
1600	780	935,0		
1800	845	1256,0		
2000	885	1643,0		

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

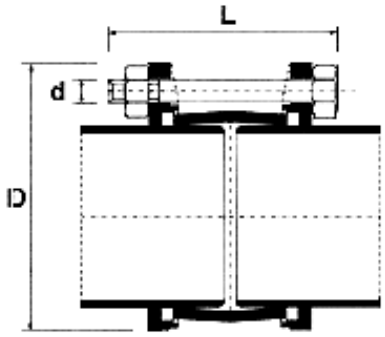
* Nestes diâmetros, só existe a EFP. A EFPT está elevada aos diâmetros aonde existe o travamento externo.

SAINT-GOBAIN
CANALIZAÇÃO

PAM

CAPÍTULO 13 - PEÇAS DE INTERVENÇÃO E MONTAGEM:

JUNTA GIBAULT

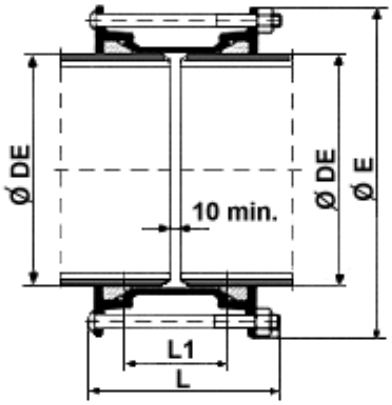


Abrev.:**JGI**

DN	Dimensões e Massas					
	D	d	L	Quantidade de Parafusos	Massas com Parafusos	Pressão Máxima de Serviço
	mm	mm	mm		kg	MPa
50	165	20	130	3	2,9	2,5
75	192	20	130	3	3,4	2,5
80	194	20	130	3	3,5	2,5
100	220	20	160	3	4,9	2,5
150	279	24	200	3	8,2	2,5
200	373	24	200	3	11,2	2,5
250	399	24	200	4	15,4	1,6
300	458	24	200	4	19,1	1,6
350	521	24	200	6	25,1	1,6
400	580	24	200	6	29,6	1,6
450	624	24	200	6	57,25	1,6
500	678	24	230	6	56,8	1,6
600	788	24	230	6	97,5	1,6

Revestimento: internamente e externamente, pintura betuminosa.

COUPLING



Abrev.: **COUPLING**

DN	Diâmetro Externo DE		Dimensões e Massas									
	Mínimo	Máximo	L			L1			E	Massas		
			PN10	PN16	PN25	PN10	PN16	PN25		PN10	PN16	PN25
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	kg	kg
1400	1460	1464	292		295	178		180	1587	166		190
1500	1563	1567	292		457	178		180	1709	180		200
1600	1666	1670	292	295	457	178	180	180	1808	190	205	235
1800	1873	1877	411		Consultar	254		Consultar	2010	397		Consultar
2000	2074	2083	411		Consultar	254		Consultar	2215	431		Consultar

Revestimento:

- peças metálicas (exceto parafusos): interna e externamente com epóxi,
- parafusos: revestimento à base de zinco.

Deflexão angular admissível no assentamento (2 juntas):

- DN 1400 a 1600: 2°

Torque de aperto dos parafusos:

- DN 1400: 28 m.daN
- DN 1500 a 2000: 36 m.daN

ULTRAQUICK e ULTRALINK

ULTRAQUICK
Consultar na Linha Válvulas e Acessórios.

ULTRALINK
Consultar na Linha Válvulas e Acessórios.